



Centro Politécnico Superior
Universidad de Zaragoza



Proyecto Fin de Carrera

Ingeniería Química

Método de Calificación de Eficiencia Energética y Emisiones de CO₂ en Urbanismo

Septiembre 2010

Autora: Eva Roldán Saso

Director: José Antonio Turégano Romero



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
Área de Máquinas y Motores Térmicos

Agradezco a mis compañeros del Grupo de Energía y Edificación y a mi director José Antonio Turégano el apoyo recibido durante el desarrollo de mi estudio, ya que su colaboración y conocimientos han hecho posible este trabajo.

RESUMEN DEL PROYECTO

La creciente preocupación por el Cambio Climático y las políticas internacionales puestas en marcha para frenar la emisión de gases de efecto invernadero generados por la actividad humana, han hecho que la búsqueda de indicadores capaces de medir la sostenibilidad en las ciudades sea actualmente uno de los temas de investigación destacados en Planificación Urbana.

Con el desarrollo de este proyecto se ha cumplido el objetivo de plantear un Método basado en Indicadores que permita medir el consumo de energía, y por tanto la cantidad de CO₂, asociado a un determinado diseño urbano, y en base a esto calificar el nivel de Sostenibilidad Ambiental alcanzado a la vez que se identifican los aspectos a mejorar.

El Método de Calificación propuesto se basa en la idea de “Etiqueta de eficiencia energética” existente para los electrodomésticos o para los edificios de nueva construcción¹. En este caso se ha creado una “Etiqueta de Sostenibilidad” que no sólo evalúa la eficiencia energética de las áreas urbanas sino que también estima las emisiones de CO₂ que tienen asociadas expresadas en (kg de CO₂ por habitante y año), y en función de este valor le es asignada una letra de calificación de la A a la G (de más a menos sostenible respectivamente).

Para obtener la cantidad de emisiones total asociada a la zona urbana analizada ha sido necesario realizar cálculos individuales para los distintos aspectos urbanos con impacto en la Sostenibilidad Ambiental:

Edificios Residenciales

- Eficiencia energética del diseño de los edificios (demandas de calefacción y refrigeración)
- Sostenibilidad de los materiales constructivos empleados
- Integración de energías renovables (solar térmica para agua caliente sanitaria)
- Sistemas de ahorro de agua potable

Espacio viario

- Distribución del viario público para movilidad (reparto de espacios para los distintos modos de transporte)
- Tecnología empleada en el alumbrado público
- Densidad de áreas verdes
- Aprovechamiento de aguas pluviales para riego y limpieza
- Distribución y accesibilidad de la población a puntos de reciclaje

Para poder evaluar cada uno de estos aspectos individualmente se ha diseñado una serie de Indicadores, de forma que cada uno calcule los consumos de energía y emisiones asociadas a un solo aspecto, y mediante la suma de todos ellos se obtenga el valor total de CO₂ referente a toda la urbanización así como la letra correspondiente al nivel de sostenibilidad alcanzado.

¹En 2007 se aprobó un decreto el cual obliga a clasificar las nuevas construcciones con una etiqueta que informe a los compradores del grado de eficiencia energética del edificio.

Una vez implementado el Método de Calificación de Sostenibilidad Ambiental de áreas urbanas (diseño de indicadores y modo de cálculo específico de cada uno, obtención de las Etiquetas de emisiones de CO₂ para cada indicador y para el conjunto de urbanización) ha sido necesario comprobar su aplicabilidad a urbanizaciones reales. Para ello se ha sometido a evaluación al barrio Zaragozano de Valdespartera, construido recientemente siguiendo criterios de urbanismo sostenible. Esto ha permitido dos cosas:

1. Por un lado ha permitido estimar el nivel de emisiones asociadas al Ecobarrio
2. Por otro lado ha permitido validar la aplicabilidad del Método diseñado en este Proyecto, asentando las bases para el desarrollo de una Tesis. Dicha Tesis estará enfocada a mejorar el Método de Evaluación de Sostenibilidad para añadirlo a un programa informático de cálculo de demandas energéticas de urbanizaciones (URSOS) y extender su utilidad también a Evaluaciones de Sostenibilidad urbana.

Índice general

Índice de figuras	6
1. Introducción	8
1.1. Marco de Trabajo: Grupo de Investigación GEE	8
1.2. Contexto en el que surge el Proyecto	8
1.3. Objetivos del Proyecto	10
1.4. Estado del Arte	11
1.5. Desarrollo del Proyecto y Estructura de la Memoria	11
2. Desarrollo Sostenible en el Ámbito Urbano	13
2.1. Urbanismo Sostenible	13
2.2. El Metabolismo Urbano y su Consumo de Energía	14
2.3. Impactos asociados a Edificios	15
2.3.1. Consumo de Energía Eléctrica y Térmica	15
2.3.2. Materiales constructivos	17
2.3.3. Consumo de Agua en Vivienda	18
2.4. Impactos asociados al Espacio Viario	20
2.4.1. Alumbrado Público	20
2.4.2. Tráfico Rodado	21
2.4.3. Zonas Verdes y Arbolado	23
2.4.4. Agua para usos Viarios	26
2.4.5. Recogida selectiva de Residuos Reciclables	27
3. Desarrollo del Método de Calificación de Eficiencia Energética y Emisiones en Urbanismo	30
3.1. Etapas de desarrollo del Método de Calificación	31
3.2. Identificación de los aspectos del urbanismo que influyen en la sostenibilidad ambiental	31
3.3. Definición de los Indicadores y de la unidad de medida representativa de la sostenibilidad ambiental urbana	32
3.4. Obtención de la Escala de Calificación específica para cada indicador	34
4. Aplicación del Sistema de Calificación a un caso práctico: Ecociudad Valdespartera	39
4.1. Datos generales de Valdespartera	39
4.2. Aplicación del Sistema de Calificación en Valdespartera	42
4.3. Calificación Global de Valdespartera	59
4.3.1. Comparación de resultados entre Valdespartera y la ciudad de Zaragoza	59

5. Conclusiones y Trabajos futuros	62
A. El Cambio Climático	64
A.1. Causas del Cambio Climático : Gases de Efecto Invernadero (GEI)	64
A.2. Efectos del Cambio Climático a nivel global	66
A.3. Acuerdos internacionales para combatir el Cambio Climático	68
B. La iniciativa CONCERTO	70
B.1. CONCERTO	70
B.2. Proyecto RENAISSANCE	71
C. URSOS	73
C.1. La herramienta informática URSOS	73
D. Definición de Indicadores y Cálculo de Escalas de Calificación	76
D.1. Diseño de Indicadores y Escalas	76
Bibliografía	107

Índice de figuras

2.1. Ámbitos en los que se fundamenta el Urbanismo Sostenible. Fuente: Elaboración propia	14
2.2. Ejemplo de etiqueta de eficiencia energética de un edificio de viviendas	16
2.3. Emisiones de CO ₂ (%) asociadas a las 4 etapas de ciclo de vida de un edificio (Producción de materiales, Construcción, Uso y Demolición). Fuente: [28]	17
2.4. Consumo medio de agua en los hogares por comunidad autónoma (litros /habitante y día) Fuente: INE , “Encuesta del Agua”, 17 Octubre 2007	18
2.5. Distribución de agua para viviendas en bloque: a) Distribución según el uso b) Distribución si se agrupa los usos que requieren agua potable y los que no lo requieren. Fuente:[29]	19
2.6. Tiempos empleados según las distancias de desplazamiento en el medio urbano para distintos medios de transporte, sin tener en cuenta atascos ni tiempo de aparcamiento. Fuente: Elaboración propia	22
2.7. Reparto modal por motivo trabajo en las principales áreas metropolitanas españolas. Fuente: [26]	22
2.8. Ejemplo de efecto de isla de calor en el entorno urbano	24
2.9. Superficie verde urbana útil por habitante para las capitales de provincia españolas. Fuente: [25]	25
2.10. Ejemplos de fachadas verdes y cubiertas vegetales en edificios	25
2.11. Ejemplo de sistema de drenaje para recogida de pluviales bajo superficie (Aplicable en parques, cunetas, medianas, aparcamientos, etc.)Fuente: [32]	26
2.12. Producción de residuos por habitante en función del tamaño de ciudad. Fuente:[25] .	27
2.13. Datos comparativos entre la producción de material nuevo o reciclado	28
2.14. Grado de separación de los residuos reciclables (%) vs Distancia al contenedor (m). Fuente: [33]	29
3.1. Pasos para el desarrollo del Método de Calificación	31
3.2. Cuadro resumen de la lista de indicadores diseñados	33
3.3. Diagrama de flujo del cálculo y calificación de un indicador en URSOS	34
3.4. Valoración de las distintas calificaciones de la Escala de Emisiones	35
3.5. % de emisiones asignadas a cada nivel de calificación obtenidas a partir del valor de referencia	36
3.6. Cuadro Resumen de Escalas y Representación gráfica para los 11 indicadores	37
4.1. Mapa de Zaragoza y de la urbanización Valdespartera	40
4.2. Espacio suficiente entre edificios para evitar sombreamientos en fachadas	41
4.3. Galerías acristaladas en fachada Sur	41
4.4. Ventanas pequeñas al Norte, Este y Oeste	42

4.5. Sistema de Indicadores que constituyen el Método de Calificación de Sostenibilidad Ambiental	42
4.6. Resultados de simulaciones energéticas realizadas por el GEE para diferentes edificios de Valdespartera	43
4.7. Tipos de viales para vehículo privado. Fuente: Elaboración Propia	50
4.8. Viales específicos para bicicleta o transporte público. Fuente: Elaboración propia	50
4.9. Espacio destinado (m^2) y distribución (%) correspondientes a cada modo de transporte	51
4.10. Imágenes de espacios verdes en Valdespartera	55
4.11. Mapa con la cobertura vegetal de la urbanización	55
4.12. Cuadro comparativo de resultados entre Valdespartera y la ciudad de Zaragoza	60
4.13. Emisiones asociadas a los distintos aspectos urbanos para el caso de Valdespartera y Zaragoza	61
A.1. Variaciones naturales del clima a lo largo del tiempo. Fuente: [2]	64
A.2. Aumento rápido de la temperatura en el periodo actual. Fuente: [2]	65
A.3. Variación de la T^a y la concentración de CO_2 en el Hemisferio Norte. Fuente: [2]	65
A.4. Consecuencias del cambio en el clima Fuente: National Academy of Sciences	66
A.5. Avance del deshielo en el Polo Norte entre 1979-2007 debido al aumento de las temperaturas medias árticas. Fuente: [2]	66
A.6. Tendencia de las emisiones de CO_2 en función de las actuaciones en los próximos años. Fuente: [2]	67
A.7. Tendencia del Calentamiento Global en función de las emisiones de los próximos años Fuente: [2]	68
A.8. Evolución del % de emisiones de GEI sobre el año base marcado en Kioto (100 %) Fuente: Inventario Español de Gases de Efecto Invernadero. Ministerio de Medio Ambiente	69
B.1. Proyectos incluidos en la iniciativa CONCERTO y las comunidades locales que los desarrollan. Fuente: Elaboración propia	70
B.2. Ecociudad Valdespartera	72
B.3. Picarral antes y lo que se espera después de realizar los trabajos de rehabilitación	72
C.1. Definición del perímetro de un área urbana, con el trazado de viales y parcelas	73
C.2. Definición de la forma y características de los cerramientos de un edificio	74
C.3. Resultados de demandas de energía de calefacción y refrigeración de una urbanización	75

Capítulo 1

Introducción

1.1. Marco de Trabajo: Grupo de Investigación GEE

El presente Proyecto Fin de Carrera se ha desarrollado en el área del Grupo de Energía y Edificación (GEE)[1] de la Universidad de Zaragoza al cual pertenezco. El GEE lleva más de 20 años trabajando en temas relacionados con el uso racional de la energía en la edificación y, más concretamente, con la planificación urbanística desde una perspectiva de optimización energética. En la actualidad las tareas desarrolladas se centran en:

- Análisis energético y medio ambiental de edificios (Arquitectura bioclimática)
- Análisis de proyectos urbanísticos desde el punto de vista de ahorro energético y de sostenibilidad ambiental
- Desarrollo de aplicaciones informáticas de simulación relativas a urbanismo sostenible y arquitectura bioclimática

1.2. Contexto en el que surge el Proyecto

Desde el inicio de la Revolución Industrial el modelo de ciudad moderna se ha basado en el consumo creciente de energía, abuso de los recursos naturales disponibles y en la emisión a la atmósfera de grandes cantidades de gases de efecto invernadero. Este modelo de desarrollo urbano incontrolado, basado en vivir por encima de la capacidad de carga del entorno, ha producido que en la actualidad el Planeta se encuentre pasando por una grave crisis energética y un grave problema ambiental como es el Cambio Climático (más información en el Apéndice A).

En 2008 se anunció [3] que, por primera vez en la historia, más de la mitad de la población mundial habitaba en ciudades. Esta creciente transición hacia el mundo urbano está lejos de finalizar: se estima que los niveles de urbanización global aumentarán drásticamente durante los próximos 40 años, alcanzando el 70 % de la población en el año 2050. Por tanto, en un mundo cada vez más urbano, la evolución que sigan las ciudades y la manera en que respondan al reto de la sostenibilidad va a ser determinante para configurar el modo de vida en el futuro.

En el reto frente al Cambio Climático, si bien es importante que los nuevos desarrollos urbanos se diseñen de acuerdo a los principios del urbanismo sostenible, más importante aun son las transformaciones que se den en las áreas urbanas ya existentes. Las ciudades actuales tienen que pasar de ser parte del problema a ser parte de la solución. Esto ha hecho que desde finales de los años 80 organismos internacionales como la Unión Europea o las Naciones Unidas hayan establecido políticas y estrategias en materia de desarrollo sostenible y medio ambiente urbano para promover una cultura

social basada en el uso racional de la energía y el cuidado del medio ambiente.

Una de las estrategias que lanzó la Comisión Europea en su Sexto Programa Marco (2002-2006) para reducir la emisiones de gases de efecto invernadero en las ciudades fue la iniciativa CONCERTO [5]. Esta iniciativa consiste en la cofinanciación de proyectos desarrollados por comunidades europeas orientados a la eficiencia energética, sistemas de integración de energías renovables, tecnologías innovadoras, desarrollo sostenible y calidad de vida en las ciudades. (Para más información ver Apéndice B)

Zaragoza es una de estas comunidades CONCERTO y participa actualmente en el desarrollo de uno de sus proyectos, RENAISSANCE (2006-2012) [6]. Este proyecto contempla varias actuaciones destinadas al ahorro de energía en el ámbito urbano de Zaragoza:

1. Una de ellas ha sido la construcción de una urbanización, Ecociudad Valdespartera [7], bajo criterios de urbanismo sostenible, con edificios bioclimáticos e integración de energías renovables.
2. Otra actuación prevista es la Rehabilitación de viviendas antiguas del barrio de Picaral con criterios de ahorro energético, pero esta parte del proyecto todavía está en proceso.

El GEE ha participado activamente en el proyecto RENAISSANCE desde que el Ayuntamiento de Zaragoza solicitara su colaboración para el desarrollo de la Ecociudad, realizando tareas como:

- Asesoramiento en la redacción del Plan Parcial ¹
- Asesoramiento a arquitectos para la construcción de los edificios con criterios bioclimáticos
- Asesoramiento en el diseño urbanístico para el aprovechamiento energético
- Monitorización del comportamiento energético de las viviendas y de los comportamientos de los usuarios
- Formación de usuarios
- Divulgación del proyecto para extender la aplicación de las soluciones sostenibles desarrolladas en Renaissance

El GEE, durante la primera etapa del proyecto, realizó además una valoración de la sostenibilidad que tendría la Ecociudad una vez finalizada según las actuaciones urbanísticas planteadas en la memoria de proyecto. Esta valoración no fue un análisis exhaustivo, sino una estimación cualitativa del grado de sostenibilidad previsto, con la intención de hacer un análisis más exhaustivo una vez que la urbanización estuviera terminada y tomando los datos reales, para comprobar que los resultados de sostenibilidad eran los esperados.

Ésta es una de las razones de llevar a cabo el presente Proyecto Fin de Carrera, pero no la única, ya que el Método de Calificación de Sostenibilidad propuesto ha servido además para completar un programa gráfico de simulación desarrollado por el GEE hace unos años. Este programa, llamado URSOS [8], permite optimizar la distribución de una urbanización (calles, parcelas y edificios) de forma que se demande la mínima energía en calefacción y refrigeración evaluando aspectos como:

¹Un Plan Parcial es un instrumento de planificación territorial intermedia entre la escala macro de ciudad (Plan de Ordenación Territorial), y la escala micro de un sector (manzana, barrio etc.). El Plan Parcial busca una buena planificación en detalle, que no se puede lograr con el Plan de Ordenación Territorial, para obtener un espacio urbano construido y habitado.

forma y orientación de los edificios, sombreamientos en fachada, ganancias solares, aislamiento térmico, etc.)² (Más información sobre el programa en el Apéndice C).

URSOS es una herramienta informática muy útil para evaluar la eficiencia energética de un determinado diseño urbano, pero no sirve para evaluar su grado de sostenibilidad. Para hacer un análisis de este tipo es necesario incorporarle un método de evaluación más completo en el que se tengan en cuenta también otros aspectos urbanísticos.

Por tanto, la evaluación de sostenibilidad de Ecociudad Valdespartera y la mejora del programa URSOS, son las 2 razones que originaron el desarrollo de un Método que permitiera valorar de una forma cuantitativa la Sostenibilidad de un área urbana en función de distintos aspectos de su diseño. En el siguiente apartado se define con más detalle cuáles han sido los objetivos a cumplir del presente trabajo.

1.3. Objetivos del Proyecto

El trabajo que se presenta en este Proyecto Fin de Carrera surge dentro de las actividades que el GEE ha desarrollado dentro del proyecto RENAISSANCE, con la intención de analizar la sostenibilidad de Ecociudad Valdespartera, pero también con vistas a obtener un método general de evaluación para incluir en URSOS y así poder evaluar de forma sistemática cualquier diseño urbano.

El trabajo persigue los siguientes objetivos:

1. Desarrollar un Método para calificar la Sostenibilidad Ambiental de urbanizaciones mediante indicadores que cuantifiquen los consumos de energía y emisiones de CO₂ asociadas por los siguientes aspectos:
 - Demandas de Calefacción, Refrigeración y Agua Caliente Sanitaria (ACS) en viviendas
 - Tipo de materiales empleados en la edificación
 - Demandas de agua potable en vivienda y en el viario público
 - Demandas de electricidad en vivienda y en el viario público
 - Reciclado de residuos esperable en función de las distancias de acceso a los puntos de recogida
 - Densidad de zonas verdes
 - Tráfico rodado esperable en función de cómo esté repartido el viario público para los distintos usuarios (peatones, bicicletas, transporte público, coche privado)
2. Obtener la Calificación de Sostenibilidad de una urbanización real : Ecociudad Valdespartera, enmarcada en el Proyecto RENAISSANCE
3. Incorporar el Método diseñado al programa de simulación energética URSOS para que evalúe también la Sostenibilidad Ambiental de las urbanizaciones y no solo el aspecto energético. Esta versión mejorada de URSOS permitirá, durante la fase inicial del proyecto urbanístico, que técnicos y planificadores elijan la mejor ordenación desde el punto de vista energético y la opción más sostenible desde el punto de vista ambiental, por comparación entre distintas

²URSOS calcula la demanda energética total de la urbanización y también de forma individual para los distintos edificios que la constituyen

escenarios posibles (distribución del viario, orientación y morfología de los edificios, materiales constructivos empleados y nivel de aislamiento, densidad de zonas verdes, etc.). También permitirá evaluar el grado de sostenibilidad de urbanizaciones ya existentes, enfocada a facilitar la rehabilitación energética y bioclimática de las ciudades actuales.

1.4. Estado del Arte

Establecer unos valores de sostenibilidad de referencia o un sistema de calificación común resulta indispensable para permitir una evaluación comparativa para el conjunto de Europa y para ilustrar el nivel de éxito alcanzado en la planificación urbana. Aunque existen numerosas herramientas informáticas reconocidas para la evaluación energética y ambiental de edificios (como BREEAM (Reino Unido) [9], CALENER/LIDER (España)[10], LEED (EEUU y Europa) [11], SbTool-VERDE (Internacional) [12], etc.), no están así de extendidas las herramientas para la evaluación a escala de urbanización o ciudad. Esto es debido a que a diferencia del análisis de edificios donde las variables de estudio se encuentran bien acotadas y es más sencillo llegar a un consenso en la metodología de evaluación a seguir, en el caso del análisis urbano la escala de acción se amplía, y es difícil establecer una metodología de análisis.

Lo que sí existen son iniciativas [13] [14], estudios a nivel nacional [15] [18] e internacional[19] [20] sobre la sostenibilidad en ciudades y guías de buenas prácticas [21] [17] [16], enfocados a la disminución del impacto de los sistemas urbanos en el entorno, pero no hay unanimidad en cuanto a estándares de los valores sostenibles, y esto es actualmente un tema en desarrollo.

No es posible establecer unos valores de sostenibilidad urbanos generales a cualquier ciudad, ya que cada lugar geográfico tiene los suyos propios en función del tipo de clima y los recursos disponibles (radiación solar, régimen de lluvias, vientos, temperaturas, etc.). Para obtener los valores estándar adecuados a un determinado área urbana es necesario evaluar las condiciones específicas de su zona climática.

Así pues, y dado que el Modelo de Evaluación planteado en este trabajo se iba a validar aplicándolo al barrio de Valdespartera, los valores de referencia de los indicadores se han creado para las condiciones climáticas específicas de Zaragoza, con vistas a realizar más adelante una base de datos con los valores de referencia para las distintas zonas climáticas españolas.

1.5. Desarrollo del Proyecto y Estructura de la Memoria

El desarrollo del proyecto se ha dividido en 4 fases principales, como se resumen a continuación:

1. **Revisión documental sobre el estado del arte de indicadores de sostenibilidad a nivel urbano y de sistemas de evaluación existentes:** Se vio que hay una amplia lista de indicadores de desarrollo sostenible a nivel local (por ejemplo [22]) e internacional [23], pero no están enfocados a evaluar la sostenibilidad de las ciudades, sino que son una herramienta para recopilar información de la tendencia seguida a lo largo del tiempo de un determinado aspecto, sin llegar a establecer valores límite a cumplir para alcanzar la sostenibilidad.
2. **Análisis del concepto “Urbanismo Sostenible” desde el punto de vista ambiental:** Una vez comprendido el concepto, se pasó a identificar los aspectos urbanos con mayor impacto en la sostenibilidad analizando cómo deberían ser para considerarse adecuados.

3. **Diseño del Método de Evaluación de Sostenibilidad Ambiental a escala urbana:** Dada la falta de estándares y de valores de referencia de los que partir se decidió definir un sistema de indicadores propio. Para la obtención de los valores mínimos de sostenibilidad de cada indicador para hacer las escalas de calificación se tomó como base:
 - Límites marcados por la normativa actual (Código Técnico por la Edificación [24])
 - Límites recomendados por Organismos Internacionales (Organización Mundial de la Salud)
 - En ausencia de normativa o recomendaciones se partió de datos estadísticos (Observatorio de la Sostenibilidad en España [25], Instituto Nacional de Estadística, etc.)
4. **Comprobación de la validez del método propuesto:** para ello se ha aplicado en una urbanización real, Ecociudad Valdespartera

Capítulo 2

Desarrollo Sostenible en el Ámbito Urbano

2.1. Urbanismo Sostenible

El concepto de Desarrollo Sostenible se ha ido constituyendo a partir de una serie de importantes congresos mundiales. La más conocida definición fue planteada en la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas (Comisión Brundtland) en 1987, definiéndolo como:

“El desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas propias”.

Según este planteamiento, aplicándolo al caso de las ciudades, el desarrollo urbano sostenible consiste en mejorar la calidad de vida de la población sin aumentar el uso de recursos naturales más allá de la capacidad de la naturaleza para proporcionarlos indefinidamente y sin transferir problemas de ningún tipo a otros lugares del planeta o a las generaciones futuras.

Para conseguir esto la sostenibilidad debe contemplar de forma simultánea actividad económica, cohesión social y cuidado al medio ambiente de la siguiente forma (Figura 2.1):

- **Sostenibilidad Ambiental:** El urbanismo ha de producir el menor impacto posible sobre el medio ambiente y el territorio en el que se integra, consumir la menor cantidad de recursos y energía y generar la menor cantidad posible de residuos y emisiones tanto en su construcción como en su uso posterior.
- **Sostenibilidad Económica:** El proyecto ha de ser económicamente viable para no comprometer más recursos económicos de los estrictamente necesarios.
- **Sostenibilidad Sociocultural:** El proyecto urbano ha de cubrir las necesidades sociales y culturales de sus habitantes y mejorar la calidad de vida de la población.



Figura 2.1: Ámbitos en los que se fundamenta el Urbanismo Sostenible. Fuente: Elaboración propia

De cara a realizar este trabajo fin de carrera, era demasiado ambicioso pretender estudiar de forma simultánea los 3 ámbitos que dotan de sostenibilidad global a un determinado proyecto urbanístico, debido a la gran cantidad de parámetros influyentes e interrelacionados. Por lo que se decidió centrar el estudio únicamente en los aspectos urbanos relacionados con la sostenibilidad ambiental; aunque sin pretender ignorar que la verdadera dimensión "ciudad" incluye también aspectos tan importantes como el económico, social y cultural que influyen en la calidad de vida de la ciudad y contribuyen al equilibrio global.

A la hora de diseñar los indicadores urbanos adecuados para evaluar la sostenibilidad ambiental de las áreas urbanas es necesario analizar 3 cosas previamente:

1. Identificar *cómo* se consume la energía en la ciudad, en definitiva, identificar *qué* aspectos de la ciudad suponen consumo energético y extrapolarlos, con la debida precaución, a las nuevas áreas sometidas a evaluación.
2. Calcular *cuánto* consumo de energía suponen estos aspectos, y por tanto cuánta cantidad de emisiones de CO₂ llevan asociadas
3. *Qué* reducción de consumo y de emisiones se puede conseguir implantando distintas alternativas más eficientes, de cara a establecer una serie de niveles de sostenibilidad en función de las tecnologías empleadas en cada caso (este aspecto es sumamente importante en la etapa de diseño de un proyecto urbanístico).

En el siguiente apartado se van a analizar los aspectos del metabolismo urbano que tienen influencia directa en el consumo de energía y que por tanto deberían tener asociados un indicador que evalúe su sostenibilidad ambiental. Una vez identificados los aspectos urbanos que precisan de indicador, ya se puede proceder a definir los indicadores en cuestión (*qué* van a medir y *cómo* lo van a medir), y en definitiva desarrollar el Sistema de Evaluación de Sostenibilidad Ambiental Urbana objeto de este proyecto. Esto será tratado en el Capítulo 3.

2.2. El Metabolismo Urbano y su Consumo de Energía

Las ciudades españolas acogen actualmente más del 80 % de la población total del país y suponen más del 75 % de la energía consumida en España (directa o indirectamente) [3], principalmente por la producción de bienes de consumo y servicios necesarios para el mantenimiento de la organización y las funciones urbanas cotidianas: movilidad, electricidad, calefacción, edificación, tratamiento y

distribución de agua, etc. Por tanto, la clave para reducir la elevada demanda energética y emisiones de CO₂ asociadas, y de esta forma reorientar la situación hacia un futuro más sostenible está en actuar sobre la planificación y metabolismo de las ciudades tanto en los nuevos desarrollos como en los procesos de rehabilitación.

Los aspectos urbanos que se han considerado en este trabajo a la hora de definir indicadores que permitan evaluar la sostenibilidad ambiental en las ciudades han sido los siguientes:

- **Aspectos asociados a Edificios:** Demandas de Energía eléctrica y térmica, Materiales y Procesos constructivos, y Demanda de agua
- **Aspectos asociados al Espacio viario:** Demanda de electricidad para alumbrado público, Dotación de zonas verdes, Demanda de agua, Emisiones por tráfico rodado y Gestión de residuos para reciclaje

En los siguientes apartados del capítulo se describen estos aspectos con más detalle.

2.3. Impactos asociados a Edificios

2.3.1. Consumo de Energía Eléctrica y Térmica

El sector residencia es uno de los que más energía consume dentro de las ciudades. Alrededor del 20 % del consumo energético de España está asociado al uso de los edificios [21] (calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria, electrodomésticos, iluminación, agua potable, etc.), por lo que el fomento de la eficiencia energética es una parte importante del conjunto de medidas necesarias para alcanzar los objetivos marcados por el Protocolo de Kioto (más información al respecto en el Apéndice A).

Los esfuerzos para reducir el consumo de energía en el uso de los edificios se deben enfocar en consolidar la arquitectura bioclimática como técnica constructiva habitual y no como excepción o rareza. Este tipo de arquitectura se basa en adaptar el diseño de los edificios (orientación, geometría, elementos constructivos, etc.) para sacar provecho de las condiciones climáticas del lugar y reducir al máximo la demanda de calefacción y refrigeración de una forma pasiva (máximo aprovechamiento solar para captación térmica e iluminación, ventilación natural cruzada en verano, adecuado aislamiento térmico de la envolvente, presencia de elementos sombreantes para verano, etc.).

Los sistemas de activos de calefacción y refrigeración (sistemas mecánicos) en los edificios bioclimáticos se consideran como sistemas de apoyo a los métodos pasivos, y deben ser instalaciones eficientes, preferiblemente centralizadas y basadas en renovables. Para satisfacer las demandas de agua caliente sanitaria y electricidad, estos edificios emplean sistemas basados en fuentes renovables (solar térmica para agua caliente sanitaria, fotovoltaica para electricidad, etc.).

Con el objetivo de promover la eficiencia energética en el uso de los edificios el Parlamento Europeo redactó la Directiva 2002/91/CE la cual obliga a los estados miembros a que todo edificio nuevo o rehabilitado vaya acompañado de un Certificado de Eficiencia Energética para ser entregado al propietario o inquilino. Esta directiva se traspuso en España en 2007 mediante la aprobación del Código Técnico de la Edificación (CTE) y el Procedimiento básico para la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios:

- **El Código Técnico de la Edificación (CTE)** es el marco normativo en el que se recogen límites y exigencias constructivas del edificio. Está formado por 6 documentos, pero el que

interesa de cara a este trabajo es el Documento Básico de Ahorro de Energía en edificios (DB-HE) [24]. Este documento contempla la limitación de la demanda de calefacción y refrigeración (marca el aislamiento mínimo de la envolvente del edificio, calidad mínima de ventanas, etc.) y la contribución mínima obligatoria de energía solar térmica para agua caliente sanitaria, todo ello en función de la zona climática donde se localice el edificio.

- La **Certificación de Eficiencia Energética de Edificios** es la evaluación del comportamiento energético del edificio y su calificación en función de la eficiencia. Para realizar esta evaluación, se ha establecido una metodología de cálculo realizada mediante un programa informático oficial¹, y se ha diseñado una etiqueta energética, similar a la de los electrodomésticos, para reflejar los resultados obtenidos. En esta etiqueta se muestran los consumos de energía anuales, las emisiones de CO₂ asociadas y la calificación obtenida mediante una letra de la A, para los edificios más eficientes, a la G, los menos eficientes. En la Figura 2.2 se muestra un ejemplo de etiqueta energética para un edificio que ha obtenido la calificación D.

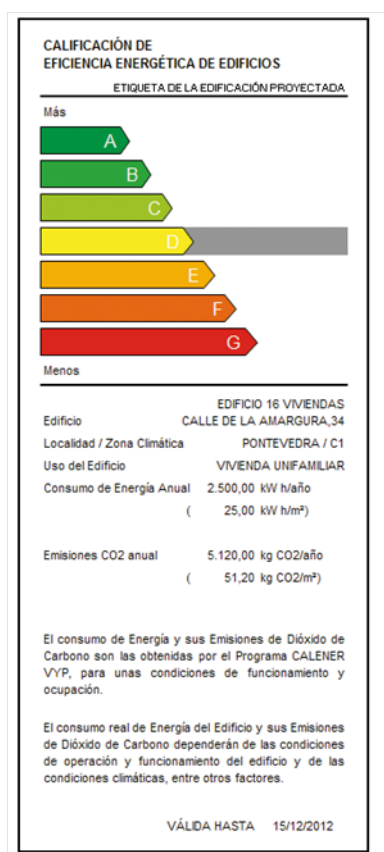


Figura 2.2: Ejemplo de etiqueta de eficiencia energética de un edificio de viviendas

En este sentido, la implantación de estas normativas orienta la situación actual hacia una edificación más sostenible y con menor consumo de energía, sin embargo no son suficientes, ya que la Certificación Energética no obliga a que se obtengan altas calificaciones en los edificios construidos, sino que

¹El Programa informático LIDER/CALENER es la herramienta promovida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través del IDAE, y por el Ministerio de Vivienda, para determinar el nivel de eficiencia energética de edificios

sólo exige que se alcance al menos la calificación E, correspondiente a cumplir con los mínimos establecidos por el CTE, no demasiado exigentes.² Por tanto, se debe fomentar que los constructores y arquitectos realicen construcciones nuevas y rehabilitaciones de edificios existentes de alta eficiencia y baja demanda de energía, y no perseguir simplemente el cumplir con los valores mínimos marcados por la normativa actual³.

2.3.2. Materiales constructivos

Cuando se habla de eficiencia energética en los edificios se piensa únicamente en los consumos de calefacción, refrigeración, electricidad, etc. pero suelen olvidarse los recursos empleados en la construcción, a pesar de que el 30-40 % del consumo energético total de un edificio está contenido en sus materiales constructivos y representan el 40-45 % de las emisiones totales generadas a lo largo de su vida útil. (Figura 2.3)⁴

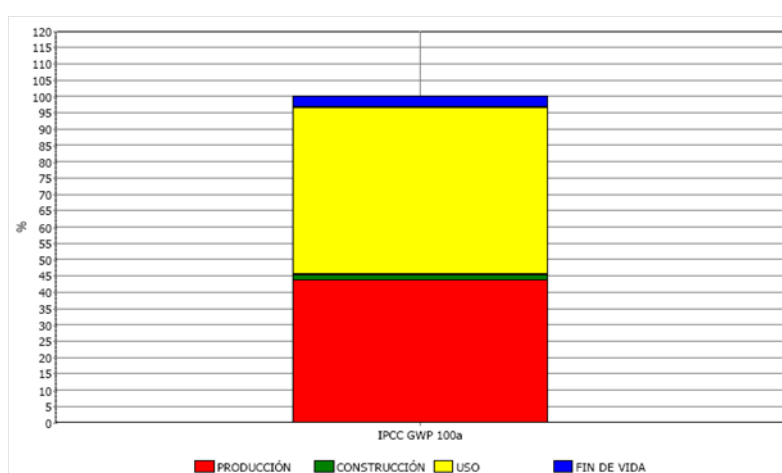


Figura 2.3: Emisiones de CO₂ (%) asociadas a las 4 etapas de ciclo de vida de un edificio (Producción de materiales, Construcción, Uso y Demolición). Fuente: [28]

Por tanto, además de cuidar aspectos como la orientación o el aislamiento térmico, es muy importante también analizar qué tipo de materiales constructivos se emplean. Se deben contemplar las siguientes ideas:

- Maximizar el empleo de materiales reciclados (hormigón reciclado, vidrio y plástico reciclado, escombros del lugar como material de relleno)
- Maximizar la fracción de materiales naturales (estructuras de madera, pellets de papel para aislamiento)
- Evitar el uso de sustancias de alto impacto ambiental (PVC, disolventes, pinturas con metales pesados)

²Aún más negativo resulta la inexistencia de un control de las certificaciones realizadas por parte de la administración competente, la imposibilidad de utilizar los programas oficiales para hacer optimizaciones del proyecto de edificación

³En este sentido, en el GEE hemos puesto a punto una metodología de evaluación predictiva, de la que esta proyectanda es la responsable, y que tendrá su extensión en la nueva versión de URSOS antes mencionada

⁴Según un estudio [28] sobre el ciclo de vida de edificios realizado por investigadores de CIRCE [4], para el clima de Aragón, el mayor consumo de energía en los edificios está asociado a la calefacción, pero inmediatamente después, está el coste energético de la producción de los materiales constructivos que supone un 34 % de la energía incorporada al edificio y son responsables de un 43 % de sus emisiones de CO₂, según los casos estudiados.

- Empleo de materiales que requieran poca energía primaria no renovable para su fabricación (corcho natural, adobe, celulosa proyectada, tableros de fibra de madera)

Dada la importancia de este apartado no sólo debe contemplarse en cualquier análisis de sostenibilidad sino que es necesario que se incluya en el Proceso de Certificación oficial de Eficiencia Energética de los Edificios, ya que éste únicamente contabiliza los consumos de energía realizados durante la etapa de uso, al igual que en las exigencias establecidas en el Código Técnico de la Edificación.

Se deberían regular además aspectos relativos a la **fase de construcción** de edificios como los siguientes:

- Contemplar las fases construcción y demolición de los edificios a la hora de seleccionar los materiales (diseño para el reciclaje), al objeto de facilitar el desmontaje de las estructuras (la posibilidad de reutilizar estructuras completas es preferible a la de recuperar materiales)
- Introducir un inventario de materiales empleados en la construcción, con información sobre cantidad, composición y emisiones de CO₂ asociadas a su fabricación, para documentar el posible reciclado así como el potencial contaminante del edificio.
- Exigir la redacción de un documento que recoja el análisis de ciclo de vida del edificio incluyendo la energía asociada a la construcción, definiendo valores límite a no superar.
- Promover el empleo de materiales locales o regionales para reducir el impacto asociado al transporte

2.3.3. Consumo de Agua en Vivienda

La gestión del agua se ha convertido en los últimos años en un tema prioritario en la Unión Europea debido a su escasez y a los desequilibrios hídricos que sufren algunos países. España es uno de los países europeos que más agua consume por habitante. en la Figura 2.4 se muestran los consumos de agua de las capitales de provincia españolas según los datos de la encuesta realizada por el INE en el 2007.

Ciudad	Litros/hab día
Andalucía	195
Aragón	153
Asturias (Principado de)	180
Balears, Illes	139
Canarias	145
Cantabria	191
Castilla y León	160
Castilla-La Mancha	174
Cataluña	162
Comunitat Valenciana	171
Extremadura	173
Galicia	152
Madrid (Comunidad de)	159
Murcia (Región de)	162
Navarra (Comunidad For	134
País Vasco	140
Rioja (La)	145
Ceuta y Melilla	139
España	166

Figura 2.4: Consumo medio de agua en los hogares por comunidad autónoma (litros /habitante y día) Fuente: INE , “Encuesta del Agua“, 17 Octubre 2007

El valor medio nacional del gasto diario por individuo es de 166 litros, muy superior al rango de 50-100 litros establecidos por la Organización Mundial de la Salud como volumen suficiente para cubrir las necesidades diarias en la vivienda (beber, cocinar, higiene personal y limpieza del hogar). Ante esta situación las tecnologías para la reducción del consumo y la reutilización de aguas en viviendas están adquiriendo cada vez más un papel fundamental ⁵.

Si además de la cantidad necesaria analizamos la calidad, encontramos la situación que recoge la Figura 2.5 donde se muestra la distribución del consumo de agua según el uso para vivienda en bloque:

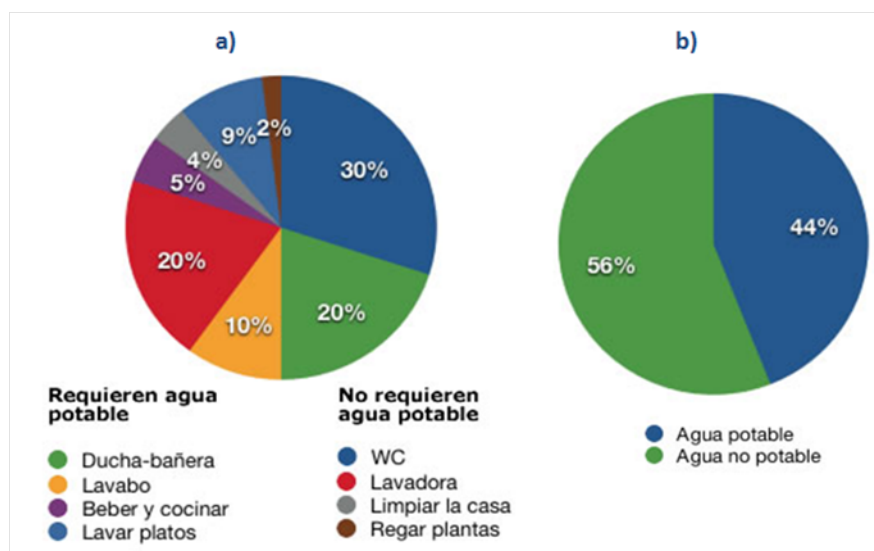


Figura 2.5: Distribución de agua para viviendas en bloque: a) Distribución según el uso b) Distribución si se agrupa los usos que requieren agua potable y los que no lo requieren. Fuente:[29]

Estos valores indican que más de la mitad del agua que se utiliza en las viviendas puede proceder de agua reutilizada (aguas grises) o procedentes de la lluvia. Evidentemente, el agua reutilizada necesita una cierta depuración para extraer las grasas o partículas que pueda tener, pero no es necesario que esté en el mismo estado de potabilidad que el agua de boca y por tanto su consumo de energía de tratamiento es mucho menor. Reutilizar el 44 % de agua potable, junto con una cierta captación de aguas pluviales, permitiría evitar el consumo del 56 % del agua para uso doméstico, independientemente de la importancia que supone que el usuario de la vivienda esté concienciado de reducir su consumo.

El Decreto de Ecoeficiencia (agosto 2006) de Cataluña por ejemplo, pretende reducir la demanda de agua en las viviendas con diversas medidas, como la limitación del caudal máximo de los grifos o la obligación de instalar cisternas de descarga partida o interrumpible. La única medida que propone respecto a la reutilización del agua es la separación de la red de saneamiento para las aguas pluviales, aunque la red pública no sea separativa y lo vuelva a juntar. El documento HS5 del CTE habla de separadores de grasas, una herramienta muy útil para depurar parcialmente el agua procedente de las cocinas, pero tan sólo obliga a utilizarlos en locales donde la presencia excesiva de grasas y líquidos inflamables puedan dificultar el buen funcionamiento de los sistemas de depuración, o crear un riesgo

⁵Con estas técnicas las viviendas podrían consumir la mitad del agua que consumen sin que el usuario percibiese cambios en el uso cotidiano. Si además los usuarios estuvieran concienciados y redujesen el consumo de agua, el potencial de ahorro de agua sería aun mayor.

en los sistemas de bombeo y elevación. Al final tan sólo se deben aplicar obligatoriamente en garajes, restaurantes, etc.

Por tanto la normativa actual no es lo suficiente estricta en cuanto a la reducción del agua se refiere, así que a no ser que se tomen medidas voluntarias en el diseño y construcción de edificios, si únicamente se cumple la normativa actual no se conseguirán las reducciones necesarias de agua en el sector residencial.

2.4. Impactos asociados al Espacio Viario

2.4.1. Alumbrado Público

El alumbrado público español está a la cola del europeo en lo referente a eficiencia energética. Mientras que en países como Francia y Alemania se consume 91 y 48 kWh por habitante y año respectivamente, en España la media por habitante y año está en 116 kWh (2 % de la energía total consumida en el país y el 70 % de la energía consumida por los ayuntamientos ⁶)[21].

El Plan de Acción 2008-2012 planteado por el Ministerio de Industria a través del IDAE, con el fin de “Mejora de la Eficiencia Energética de las Instalaciones Actuales del Alumbrado Público Exterior”, establece el objetivo de que dicho consumo pase a ser de 75 kWh por habitante y año en 2012.

Actualmente ninguna comunidad autónoma cumple este valor marcado, aunque sí alguna ciudad, como es el caso de Zaragoza, que en el 2009 se obtuvo el valor de 63,69 kWh por habitante [30], un 15 % inferior al valor objetivo del Plan Nacional para 2012. En cuanto a potencia instalada por punto de luz, en el caso de Zaragoza es de 168 W [30], por debajo de los 193 W de Palma de Mallorca o de los 190 W de Madrid, y por encima de los 146 W de Barcelona, aunque todavía lejos de los parámetros de otras ciudades europeas como París (141 W).

Por tanto, es necesario mejorar los sistemas de alumbrado público empleando nuevas tecnologías más eficientes que permitan reducir el consumo energético actual y las emisiones de CO₂ asociadas.

Hay 3 factores en los que se puede actuar para reducir en el consumo de energía por alumbrado público:

- Tipos de luminarias
- Horarios de funcionamiento y control de luminosidad (incluida la opción de uso condicionado a la presencia)
- Energías utilizadas para la generación de la energía necesaria

A continuación se explica en qué consisten estos 3 puntos:

- **Medidas relacionadas con los tipos de luminarias:** La sustitución de las viejas lámparas de vapor de mercurio por lámparas de vapor de sodio de alta presión supondría un ahorro del 40 %, y si se sustituyen por luminarias tipo LED el ahorro en electricidad sería del 70 % ofreciendo la misma intensidad luminosa. La mejor opción, pues, es el empleo de farolas LED de alta potencia, por su bajo consumo y larga vida útil.

⁶Valor aún más negativo si se tiene en cuenta que, por su situación geográfica, requiere de más recursos solares para iluminación natural

- **Medidas relacionadas con los horarios y la luminosidad:** Existen infinidad de sistemas de control capaces de interpretar cuándo deben encenderse las luminarias necesarias para conseguir un alumbrado óptimo, capaz de adaptarse tanto al nivel de luminosidad como a las condiciones meteorológicas, así como a otros factores como la densidad de tráfico o de personas que circulan por la vía. El empleo de relojes astronómicos junto con un sistema de control, permite ajustar los horarios de encendido y apagado y reducir el consumo hasta en un 45 % ⁷.
- **Medidas relacionadas con la fuente de energía que alimenta al sistema de alumbrado público:** Con la proliferación y mejoras en el rendimiento de las energías renovables, existen instalaciones mixtas, que combinan el consumo de energía eléctrica proveniente de la red eléctrica nacional, con la energía autogenerado por el propio sistema de alumbrado, mediante la instalación de paneles fotovoltaicos o aerogeneradores eléctricos en las propias luminarias.

2.4.2. Tráfico Rodado

Las ciudades actuales están pensadas para el automóvil, el 30-40 % del suelo se ha destinado a calzadas y aparcamientos, y en las urbanizaciones de nueva construcción este porcentaje puede ser incluso mayor. Además, el modelo urbanístico ha destinado el centro a comercios y oficinas ⁸, dejando las funciones residenciales para el extrarradio, algo que también ha sido posible gracias al desarrollo del automóvil. Éste modelo de ciudad dispersa y con separación de usos ha generado un aumento del número de desplazamientos diarios y la longitud de los mismos.

La congestión del tráfico debido al exceso de coches en las calzadas, ha hecho que los desplazamientos en autobús urbano pierdan eficiencia y por tanto número de usuarios. Sin embargo, se ha comprobado que un aumento de la capacidad de las calzadas no evita la formación de atascos, sino que lleva a un crecimiento del uso del coche y por tanto a que vuelvan a aparecer atascos, la versión aplicada al transporte de la llamada “Paradoja de Jevons”. Debido a esto, en muchas ocasiones para distancias cortas y medias resulta más rápido ir a pie o en bicicleta que usar transporte motorizado.

Como se puede ver en la Figura 2.6 para distancias inferiores a 2 km es más rápido ir a pie que en autobús, y en bicicleta se cubre más rápido que en coche distancias inferiores a 5 km.

⁷Un aspecto complementario muy importante es la incorporación de sistemas inteligentes de control en función de la presencia en determinadas áreas, lo cual permite reducir de un modo drástico el consumo de energía.

⁸Con un desarrollo periférico de islas de comercio “grandes superficies” desconectadas totalmente de acompañamiento sea residencial sea de industria

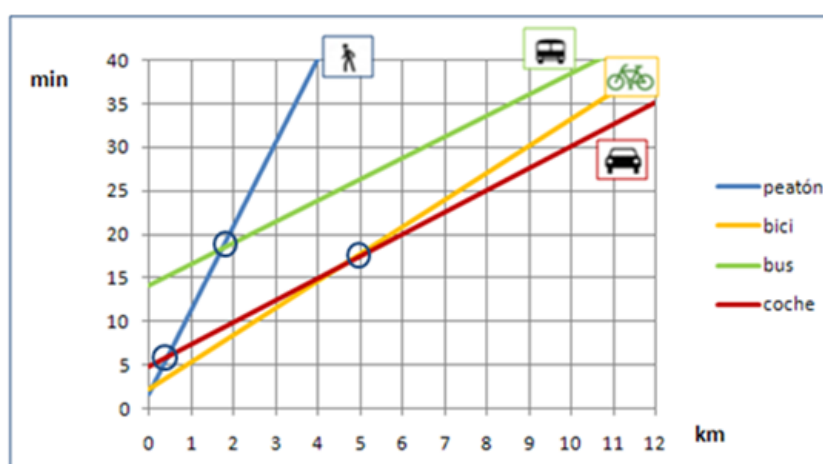


Figura 2.6: Tiempos empleados según las distancias de desplazamiento en el medio urbano para distintos medios de transporte, sin tener en cuenta atascos ni tiempo de aparcamiento. Fuente: Elaboración propia

A pesar de esto, en los desplazamientos al trabajo o para distancias superiores a 1 km el uso de modos motorizados se convierte en abrumadoramente mayoritario, siendo que el desplazamiento a pie o en bici pueden ser competitivos tanto en duración como en confort y desde luego en costo ambiental. (Ver Figura 2.7)

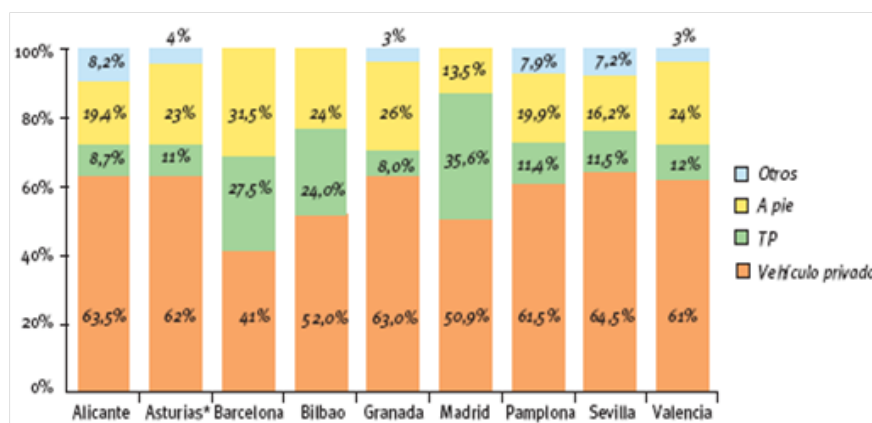


Figura 2.7: Reparto modal por motivo trabajo en las principales áreas metropolitanas españolas. Fuente: [26]

En el caso concreto de Zaragoza, el 50 % de los desplazamientos al trabajo son inferiores a 3 km, pero a pesar de esto más de la mitad se realizan en coche privado [26]. Según la Figura 2.7, para recorrer 3 km en coche se emplean unos 13 minutos, pero teniendo en cuenta que la media para aparcar en Zaragoza está en 18,6 minutos [31], el tiempo total empleado puede oscilar entre 30-40 minutos. Si ese mismo desplazamiento se realizara a pie se emplearía entre 25-30 minutos, en autobús costaría unos 20 minutos, y si se usara la bicicleta poco más de 10 minutos, con el correspondiente ahorro en emisiones.

La forma de promover un uso más racional del vehículo privado en las ciudades se debe basar en

reducir el espacio público destinado a tal fin y hacer más atractivo el uso del transporte público y los desplazamientos en bicicleta y a pie. Una posible solución puede ser disminuir la superficie de calzada, recuperando entornos urbanos de calidad para el peatón y otros modos de transporte más sostenibles. En este sentido, una condición básica es destinar gran parte de la calzada al uso exclusivo de transporte público, formando una red integrada en la estructura urbana y de rápidas conexiones. Al mejorar las frecuencias y la rapidez de desplazamiento, el transporte público compite con los automóviles y se promueve el cambio modal hacia éste. Además, se debería reducir el espacio para aparcamiento en la vía pública y promover la creación de aparcamientos disuasorios a las afueras, desde donde coger el transporte público para los desplazamientos por la ciudad.

En cuanto a la bicicleta, es un medio de transporte muy eficaz y una alternativa real al vehículo privado en distancias medias. El obstáculo a su difusión como medio de desplazamiento urbano alternativo es la inseguridad física de compartir el espacio vial con vehículos motorizados, por tanto es crucial el desarrollo de redes específicas para bicicleta interconectadas por toda la estructura urbana.

Respecto al peatón, el confort y la calidad del espacio viario está muy relacionado con las distancias que las personas están dispuestas a recorrer a pie en sus desplazamientos urbanos, por tanto tiene gran importancia planificar las ciudades de forma que se conceda prioridad al peatón con amplias aceras y espacios públicos agradables (parques, plazas, zonas verdes y arbolado).

Esta relación entre modelo espacial del viario público y las tendencias en la movilidad es lo que confiere al planeamiento urbanístico una gran importancia en el desarrollo de nuevas urbanizaciones. Así pues, la racionalidad y la ecoeficiencia no se encuentran sólo en las edificaciones, si no en el urbanismo en su conjunto. España cuenta con un Código Técnico de Edificación, pero no se ha incorporado igual el concepto de eficiencia energética a las leyes urbanísticas o de ordenación del territorio.

Complejidad urbana (Mezcla de actividades): este es un aspecto que generalmente se engloba en el ámbito social ya que evalúa el grado de cohesión y organización urbana. Es por esto que no ha sido incluido en el Sistema de Evaluación de la Sostenibilidad Ambiental propuesto en este proyecto. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la complejidad urbana influye indirectamente en la demanda de movilidad de los habitantes. Un área urbana con amplia mezcla de actividades y servicios básicos próximos (educación, salud, ocio, deporte, comercios, etc.) se traduce en una disminución del número de km recorridos por persona y día y el medio de transporte empleado para ello. Luego la planificación de las actividades en el espacio urbano también juega un papel importante de cara a la sostenibilidad ambiental de la urbanización, y es por ello que, aunque en el sistema de indicadores planteado en este trabajo no se ha contemplado, el concepto de densidad de actividades será incluido posteriormente en el Método.

2.4.3. Zonas Verdes y Arbolado

La cobertura de zonas verdes en el entorno urbano cumple un papel fundamental en la calidad de vida de los ciudadanos y del medio ambiente. En primer lugar actúa purificando el aire, ya que producen oxígeno y absorben CO₂ y otros contaminantes volátiles emitidos por el tráfico o la industria. Además contribuye a suavizar el clima local, equilibrando las temperaturas gracias a la humedad del suelo y la sombra que proporcionan, refrescando en verano y amortiguando el frío en invierno. Además también contribuyen a reducir el efecto de “isla de calor”⁹ generado en las ciudades.

⁹La isla de calor consiste en el aumento de la temperatura en el centro de las ciudades debido a la acumulación de calor por el hormigón y asfalto. Al llegar la noche este calor absorbido durante el día es cedido al ambiente, pero no se

En la Figura 2.8 se observa cómo en las zonas con vegetación las temperaturas son inferiores que en las superficies asfaltadas ¹⁰.

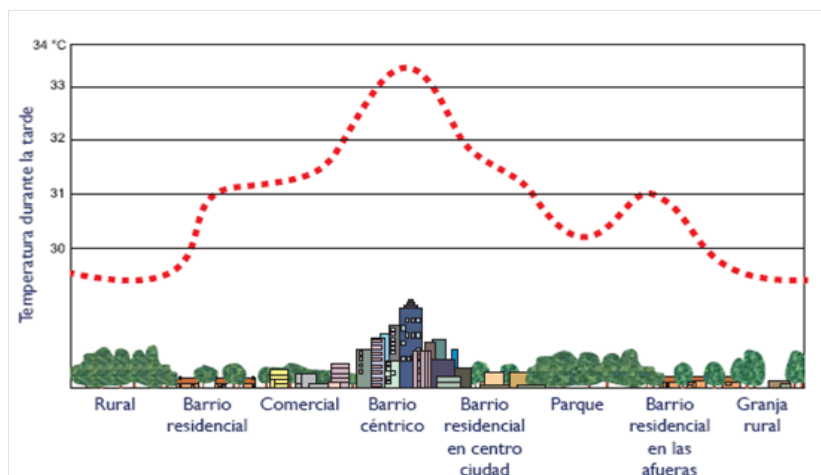


Figura 2.8: Ejemplo de efecto de isla de calor en el entorno urbano

Desde el punto de vista ambiental, las zonas verdes suponen una continuidad del medio natural frente a la ocupación del terreno por las infraestructuras urbanas, favoreciendo los ecosistemas, la biodiversidad y sirven de suelo permeable para la recarga de acuíferos. A nivel de ordenación del territorio las zonas verdes forman parte de su estructura, y simbolizan un ambiente de ciudad equilibrada, donde la edificación se amortigua con los espacios naturales.

Los espacios verdes, son considerados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como imprescindibles por los beneficios que reportan en el bienestar físico y emocional contribuyendo a mitigar el deterioro urbanístico de la ciudad, haciéndolas más habitables y saludables. La OMS recomienda que las ciudades dispongan, como mínimo, de entre 10 y 15 m² de área verde por habitante, distribuidos equitativamente en relación a la densidad de población. Sin embargo, en la actualidad en España sólo 15 capitales de provincia presentan una superficie verde urbana dentro de los márgenes indicados por la OMS, no siendo Zaragoza una de ellas como se muestra en la Figura 2.9.

consigue disipar ya que se que generan vientos locales de exterior a interior que impiden que el calor salga fuera.

¹⁰En este sentido es revelador el trabajo recogido en el libro [27] en el que se muestran registro de temperatura en distintos distritos de Atenas en los cuales se alcanzan 40°C en el centro de la ciudad y valores hasta 20°C inferiores en los barrios periféricos con amplio arbolado

m ² /hab ciudades de menos de 100 mil habitantes		m ² /hab ciudades de 100 mil a 200 mil habitantes		m ² /hab ciudades de 200 mil a 500 mil habitantes		m ² /hab ciudades de más de 500 mil habitantes	
Ávila	7,0	Albacete	7,0	A Coruña	8,2	Barcelona	6,6
Cáceres	16,6	Almería	-	Alicante	10,4	Madrid	17,0
C. Real	-	Badajoz	-	Bilbao	6,1	Málaga	5,7
Cuenca	8,7	Burgos	-	Córdoba	4,6	Sevilla	6,2
Girona	24,3	Cádiz	17,6	Las Palmas	1,6	Valencia	5,4
Guadalajara	-	Castellón	7,8	Murcia	4,2	Zaragoza	6,6
Huesca	10,1	Huelva	6,0	Oviedo	-	Media	6,2
Lugo	11,8	Jaén	-	P. Mallorca	-		
Palencia	10,0	León	14,8	Tenerife	5,5		
Pontevedra	-	Lleida	9,4	Valladolid	11,1		
Segovia	11,4	Logroño	19,9	V. Gasteiz	39,2		
Soria	12,8	Ourense	8,2	Granada	-		
Teruel	-	Pamplona	0,8	Media	6,1		
Toledo	-	Salamanca	-				
Zamora	-	S. Sebastián	22,5				
Media	11,4	Santander	7,9				
		Tarragona	-				
		Media	8,2				

Figura 2.9: Superficie verde urbana útil por habitante para las capitales de provincia españolas. Fuente: [25]

Una forma de aumentar las superficies verdes en las ciudades es fomentar el uso de cubiertas vegetales o fachadas verdes en los edificios, como puede verse en las Figura 2.10. Las cubiertas y fachadas convencionales constituyen superficies que contribuyen al efecto de isla de calor en las ciudades. Sin embargo, colocando cubiertas vegetales o fachadas verdes en bloques de edificios, viviendas particulares, locales comerciales u otras construcciones, además de reducir su consumo energético en climatización (ya que también actúan de aislante térmico), permiten aumentar la superficie de zonas vegetales tan beneficiosas para las ciudades.



Figura 2.10: Ejemplos de fachadas verdes y cubiertas vegetales en edificios

2.4.4. Agua para usos Viarios

En España, la demanda de agua para usos viarios (riego de jardines, limpieza viaria, fuentes ornamentales, etc.) supone el 14 % de la demanda total de las ciudades [32], siendo que la mayoría de este consumo podría reducirse empleando sistemas más eficientes y usando aguas de menor calidad en lugar de agua potable. Algunas de las medidas para una gestión eficiente del agua son las siguientes:

- **Fomentar el uso del agua de manera diferenciada según su calidad:** La recogida y el almacenamiento de aguas pluviales en superficie (balsas de almacenamiento) o bajo la superficie (Figura 2.11) (bajo cunetas, aparcamientos, zonas verdes, etc.) permiten aprovechar estas aguas para usos que no requieren agua de alta calidad como limpieza viaria y de instalaciones, fuentes ornamentales o riego de parques y jardines. Esta medida, a la vez que reduce el consumo innecesario de agua potable, reduce el consumo de energía asociado a la potabilización, ya que el volumen a tratar será menor. El agua de lluvia filtrada a través de las estructuras superficiales y gestionada a través de celdas, canales y depósitos enterrados, será destinada a percolación en el terreno para la recarga de acuíferos, conducida a balsas de almacenamiento o bien utilizada para riego y otros usos públicos.

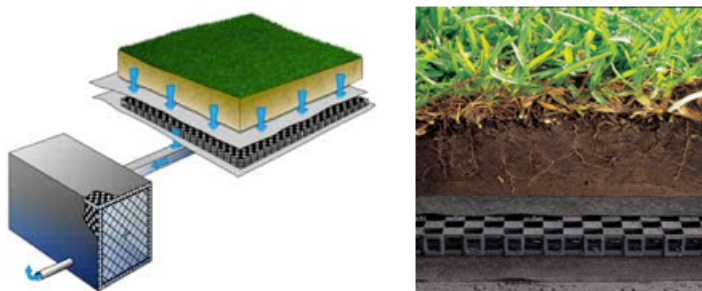


Figura 2.11: Ejemplo de sistema de drenaje para recogida de pluviales bajo superficie (Aplicable en parques, cunetas, medianas, aparcamientos, etc.)Fuente: [32]

Con la aplicación de estas técnicas de aprovechamiento de pluviales se consigue un diseño urbano que contribuye a no alterar la hidrología previa al proceso de urbanización.

- **Incorporar en la urbanización sistemas de redes de distribución y de alcantarillado separativas:**

Consiste en la instalación de redes totalmente independientes tanto en la red de distribución como en la red alcantarillado para aprovechamiento de aguas pluviales:

- Red de distribución: una red para agua potable (procedente de la potabilizadora para uso en viviendas) y otra para aguas pluviales (procedente de depósitos de almacenaje para usos públicos)
- Red de alcantarillado: una para las aguas fecales (procedente de sector residencial y terciario y conducida a la depuradora) y otra para las aguas pluviales (recogida por sistemas de drenaje bajo superficie y conducida a depósitos de almacenaje para su uso posterior o bien para recarga de acuíferos)

Estos sistemas separativos tiene una doble ventaja, por un lado permiten que el agua pluvial sea aprovechada para usos públicos, y por otro lado, con esta separación se reduce el volumen

de agua a tratar tanto en potabilizadoras como en depuradoras, siendo menor el consumo energético de estos procesos.

Por tanto, es importante fomentar un factor que se ha dejado atrás en el diseño de las ciudades como es el aprovechamiento de pluviales y la distinción del agua en función de las calidades requeridas. Se debe establecer un nivel mínimo de autosuficiencia hídrica que combine la captación y aprovechamiento de aguas pluviales con medidas de ahorro y eficiencia (minimizar las pérdidas en tuberías de red, técnicas de limpieza viaria en seco, riego con circuito cerrado y con sistemas de control, etc.).

2.4.5. Recogida selectiva de Residuos Reciclables

La actividad doméstica y comercial de las ciudades en los países desarrollados ha generado un crecimiento constante de las cantidades de residuos generadas, hasta alcanzar cifras que sobrepasan la capacidad de asimilación del territorio. Entre las causas de este crecimiento se encuentran: la ineficiencia del sistema de producción (para cada producto generado se genera gran cantidad de residuos), la rapidez con la que los bienes de consumo se convierten en residuos, el hecho de que reparar cueste más que comprar de nuevo, el precio de las materias primas que no internaliza los costes ambientales y sociales, las estrategias de marketing que incrementan los envases y embalajes superfluos, etc.

La tasa de producción de residuos y su tipología es por tanto, indicativo no sólo de la presión que la ciudad ejerce sobre el propio territorio, sino de la presión sobre el medio global ya que en gran medida es reflejo de las pautas de consumo y estilo de vida en las ciudades. En España, solo en las 50 capitales de provincia se genera cerca del 30 % de los residuos totales nacionales (ver Figura 2.12). Teniendo en cuenta que España está constituida por más de 8.000 municipios, se hace patente la presión que el desarrollo y metabolismo de las ciudades ejerce sobre el total del territorio.

Kg RSU Producidos/ hab/día en Ciudades de menos de 100 mil habitantes		Kg RSU Producidos/ hab/día en Ciudades de 100 mil a 200 mil habitantes		Kg RSU Producidos/ hab/día en Ciudades de 200 mil a 500 mil habitantes		Kg RSU Producidos/ hab/día en Ciudades de más de 500 mil habitantes	
Ávila	1,09	Albacete	1,16	A Coruña	1,20	Madrid	1,33
Cáceres	1,19	Almería	0,80	Alicante	1,29	Málaga	1,63
C. Real	1,30	Badajoz	0,97	Bilbao	1,26	Zaragoza	1,33
Cuenca	1,30	Burgos	1,07	Córdoba	1,20	Sevilla	1,41
Girona	1,47	Cádiz	1,32	Cuenca	1,30	Barcelona	1,47
Guadalaj.	1,50	Castellón	1,18	Girona	1,47	Valencia	1,26
Huesca	1,09	Huelva	1,33	Granada	1,50	Media	1,4
Lugo	1,16	Jaén	0,97	Guadal.	1,50		
Palencia	1,05	León	1,23	L. Palmas	1,20		
Ponteved.	-	Lleida	1,17	Murcia	1,26		
Segovia	1,30	Logroño	0,95	Oviedo	1,05		
Soria	1,00	Ourense	1,08	P. Mall.	1,75		
Teruel	-	Pamplona	1,24	Tenerife	1,35		
Toledo	1,50	Salamanca	1,20	Valladolid	1,20		
Zamora	1,30	S. Sebastián	1,34	V. Gasteiz	1,06		
Media	1,4	Santander	1,60	Media	1,3		
		Tarragona	1,40				
		Media	1,2				

Figura 2.12: Producción de residuos por habitante en función del tamaño de ciudad. Fuente:[25]

La forma de reducir el problema de los residuos es fomentar la recogida selectiva para reciclaje y el uso del material reciclado como materia prima en la industria de productos de consumo. Con esto se con-

seguiría disminuir la explotación de nuevos recursos naturales (minerales, metales, petróleo, madera, etc.), ahorrar energía, reducir emisiones de CO₂ y reducir las acumulaciones de residuos en vertederos.

La diferencia de coste energético entre producir un bien de consumo a partir de materiales reciclados o producirlo con materias primas de primer uso proporciona un balance energético de ahorro, fundamental para la reducción de la demanda de energía y de las emisiones de CO₂. A continuación en la Figura 2.13 se muestran datos comparativos de costes energéticos y de emisiones entre fabricar 1 kg de material nuevo y 1 kg de material reciclado, para distintos residuos:

PLÁSTICO	Nuevo	Reciclado	Ahorro (%)	La energía que se ahorra al producir 1 kg de plástico reciclado en lugar de nuevo equivale a tener encendida una bombilla de 100W durante 4,1 días.
Energía (kWh/kg producido)	12,00	2,00	80	
Kg CO ₂ /kg producido	3,86	0,64	80	
ALUMINIO	Nuevo	Reciclado	Ahorro (%)	La energía ahorrada en este caso equivale a una bombilla de 100W encendida durante 6,5 días.
Energía (kWh/kg)	16,50	0,80	95	
Kg CO ₂ /kg producido	5,31	0,26	895	
PAPEL	Nuevo	Reciclado	Ahorro (%)	La energía ahorrada en este caso equivale a una bombilla de 100W encendida durante 20 horas
Energía (kWh/kg producido)	4,70	2,70	42	
Kg CO ₂ /kg producido	1,51	0,87	42	
VIDRIO	Nuevo	Reciclado	Ahorro (%)	La energía ahorrada en este caso equivale a una bombilla de 100W encendida durante 6,7 días
Energía (kWh/kg producido)	34,00	18,00	47	
Kg CO ₂ /kg producido	10,95	5,80	47	

Figura 2.13: Datos comparativos entre la producción de material nuevo o reciclado

Estos datos indican la importancia que tiene el fomentar el reciclaje de residuos en las ciudades. En este sentido la separación selectiva de papel-cartón, vidrio, plásticos, metales, etc. en los contenedores de reciclaje es una de las formas más eficaces de recuperar los materiales para su posterior reciclado. Para ello, es imprescindible planificar de forma adecuada los puntos de recogida dentro de la estructura urbana para hacerlos accesibles a la población.

En España el modelo establecido son las Áreas de Aportación, en las que se disponen contenedores para el depósito separado de vidrio, papel-cartón y envases, y que tienen un radio de acción comprendido entre 100 y 400 m. Según un estudio realizado sobre el grado de separación de residuos en ciudades españolas [33] se vio que la distancia entre las viviendas y los puntos de recogida selectiva es la variable determinante para obtener buenos resultados en la separación de residuos. En la Figura 2.14 se muestra la gráfica obtenida en dicho estudio, en la que se representa el grado de separación en % de los Residuos separados en función de la distancia de los usuarios hasta el contenedor de recogida.

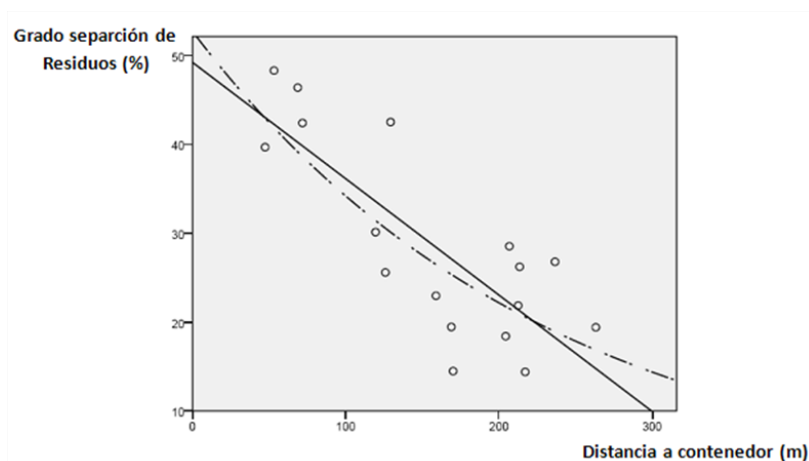


Figura 2.14: Grado de separación de los residuos reciclables (%) vs Distancia al contenedor (m).
Fuente: [33]

Según la gráfica, a medida que la distancia de acceso al contenedor aumenta se reduce el grado de separación (se depositan menos residuos). Esto indica la importancia de planificar y distribuir adecuadamente los puntos de recogida en la estructura urbana para hacerlos accesibles a los habitantes. Según datos de la OSE, la media española de recogida selectiva está es del 9,5 %, es decir, de 100 residuos reciclables generados, sólo 9,5 se depositan en los puntos de reciclaje, un dato nada alentador. Esto hace cuestionar que, además de una falta de concienciación de la población respecto al reciclaje, puede que la dotación de contenedores de recogida contemplados en la normativa actual no sea la suficiente.¹¹

¹¹El plan Nacional de Residuos Urbanos (2007-2015) establece que la dotación mínima de contenedores de papel-cartón y vidrio sea de 1 contenedor por cada 500 habitantes, y para el caso de envases de 1 contenedor por cada 300 habitantes. Sin embargo, según la densidad de población de cada ciudad (habitantes/km²) es posible que estas dotaciones supongan distancias poco razonables para el fomento del reciclaje

Capítulo 3

Desarrollo del Método de Calificación de Eficiencia Energética y Emisiones en Urbanismo

La necesidad de nuevas formas de desarrollo urbano más sostenibles hacen necesario crear herramientas que evalúen y cuantifiquen los diferentes criterios de diseño con vistas a alcanzar verdaderamente un equilibrio sostenible y responder a las necesidades del presente y del futuro. Con este trabajo se ha planteado una herramienta o método, de creación propia, basado en una serie de indicadores que miden aspectos relacionados con el diseño de la urbanización y que permite calificarla de acuerdo a una Escala de 7 niveles (de acuerdo al esquema de etiqueta energética seguido que plantea la Unión Europea).

Esta herramienta debe entenderse en el siguiente contexto:

Busca la planificación óptima de una urbanización evaluando edificación, espacio viario y uso de recursos naturales desde el punto de vista de minimizar el consumo energético y por tanto de la cantidad de CO₂ emitida y todo ello a partir de los siguientes considerandos:

- Mide y califica, cuantificando en lo posible, aspectos relacionados exclusivamente con el ámbito energético y ambiental del urbanismo, dejando los aspectos económico y sociocultural, sin duda esenciales para un escenario de sostenibilidad, por la gran complejidad que entraña el estudio de todos de forma simultánea.
- Valora únicamente las demandas asociadas a aspectos de diseño: Los indicadores no pretenden medir los consumos reales de los usuarios finales, ya que eso es un aspecto variable que va a depender de los hábitos de uso (consumo de agua, de electricidad, de calefacción, uso de transporte público frente a vehículo, tasa de reciclaje, etc.).
- Lo que se pretende con estos indicadores es cuantificar las demandas esperables de energía y recursos debido al diseño urbano elegido, suponiendo un uso ideal por parte de los usuarios acorde con las facilidades que proporciona la planificación urbana, como muestran los ejemplos siguientes:
 - Si la planificación del espacio viario proporciona espacios peatonales amplios, carriles bici y carriles exclusivos de transporte público, se espera que los usuarios empleen estos medios más sostenibles frente al coche privado, aunque esto no sea una consecuencia forzosa.
 - Si se facilitan puntos de reciclaje próximos a las viviendas se espera que los usuarios reciclen de forma adecuada, como muestra la experiencia de los últimos años.
 - Si los edificios construidos siguen criterios bioclimáticos se espera que éstos tengan bajas demandas de calefacción y refrigeración (a pesar de que luego el consumo dependa de los hábitos de uso por parte de los habitantes y que éstos precisen de formación que les permita generar los hábitos y habilidades correspondientes)

Así el diseño de los indicadores se ha realizado en función del contexto actual en cuanto a normativa y usos esperables.

3.1. Etapas de desarrollo del Método de Calificación

El Método de Calificación creado se ha desarrollado siguiendo una serie de pasos que se resumen en la Figura 3.1:

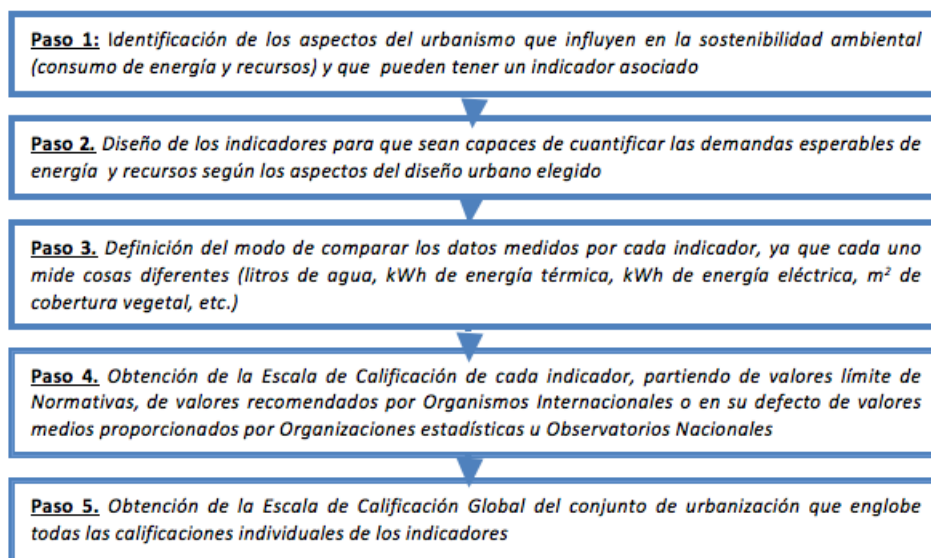


Figura 3.1: Pasos para el desarrollo del Método de Calificación

3.2. Identificación de los aspectos del urbanismo que influyen en la sostenibilidad ambiental

En el Capítulo 2 ya se ha hablado de los aspectos de la planificación y diseño urbano a los que se debe prestar más atención con vistas a reducir el consumo de energía y por tanto las emisiones CO₂ generada por el conjunto de una urbanización. Así, según lo ya comentado, un urbanismo sostenible desde el punto de vista ambiental debe seguir los siguientes criterios:

- Edificios de bajo consumo energético y que integren energías renovables
- Uso de materiales constructivos de bajo coste energético y ambiental
- Distribución del espacio viario para facilitar y potenciar los desplazamientos a pie, bici y transporte público frente al vehículo privado
- Alumbrado público de bajo consumo
- Aprovechamiento de aguas pluviales tanto en edificios como en el viario público (riego, limpieza, boca de incendios, fuentes ornamentales, etc.)
- Densidad adecuada de zonas verdes y arbolado (sumideros de CO₂ y amortiguación de la oscilación térmica y efecto de "isla de calor")
- Adecuado sistema de recogida selectiva de residuos reciclables potencie la separación en origen

3.3. Definición de los Indicadores y de la unidad de medida representativa de la sostenibilidad ambiental urbana

Un *Indicador* debe entenderse como una información procesada, que proporciona una idea clara sobre un fenómeno complejo y sobre cuánto difiere de la situación deseada.

A la hora de definir los indicadores se ha tenido presente que:

1. Debían ser representativos de los impactos que el diseño urbano tiene en la sostenibilidad ambiental
2. Debían ser capaces de valorar los impactos de cada aspecto de forma cuantitativa y mostrar el grado de mejora conseguido respecto a la situación de referencia (mínimos recomendados o exigidos por normativa)
3. Debían ser sencillos de calcular y la información necesaria para el cálculo debía ser fácil de obtener (datos de entrada)
4. Todos los indicadores debían dar los resultados (datos de salida) en las mismas unidades de medida, para que estos datos de salida obtenidos se pudieran comparar entre sí, identificar los aspectos que generan mayor impacto en la urbanización, y poder sumarlos para obtener un resultado total del conjunto de la urbanización.

A la hora de elegir qué unidades de medida emplear para uniformizar todos los datos de salida de los indicadores, se han identificado unidades que fueran representativas de la sostenibilidad ambiental. Teniendo en cuenta que la reducción de las emisiones de CO₂ anuales procedentes de la actividad humana se ha convertido en objetivo primordial de las políticas nacionales e internacionales en materia de energía y medioambiente por ser el gas de invernadero de mayor contribución al Calentamiento Global, se optó por emplear unidades de **kg de CO₂/habitante año** para evaluar la sostenibilidad ambiental urbana.

En total se han generado 11 indicadores que relacionan la planificación y la eficiencia en el consumo de energía y recursos: 6 de ellos relativos a Edificios y los otros 5 relativos al Espacio Viario. En la Figura 3.2 se muestra un cuadro resumen con la lista de indicadores diseñados en la que se aporta la siguiente información para cada uno:

- Nombre
- Qué evalúa
- En qué unidades de medida se expresan los datos de entrada necesarios para hacer la evaluación
- De dónde se obtienen los datos de entrada necesarios

	Nº	NOMBRE DEL INDICADOR	FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA	UNIDADES DATOS DE ENTRADA	OBTENCIÓN DE LOS DATOS DE ENTRADA
EDIFICIOS	1	Demanda de energía eléctrica para Refrigeración	Evalúa la cantidad anual de energía para refrigeración demanda por el conjunto de edificios que forman la urbanización debido a su diseño, orientación y aislamiento.	kWh/m² año	A partir de simulaciones energéticas de los edificios de la urbanización realizadas con programas gráficos de cálculo específicos (CALENER, URSOS, etc.)
	2	Demanda de energía térmica para Calefacción	Evalúa la cantidad anual de energía necesaria para satisfacer las necesidades de calefacción del conjunto de edificios que configuran la zona urbana analizada debido a su diseño, orientación y aislamiento.	kWh/m² año	
	3	Demanda de energía térmica para ACS	Evalúa la demanda total de energía para ACS cubierta con energías renovables (sistemas de solar térmica instalados en los edificios)	kWh/m² año	
	4	Consumo de electricidad (iluminación+ aparatos)	Este indicador evalúa la eficiencia del consumo de energía eléctrica en los edificios (sistemas eficientes de iluminación, sistemas fotovoltaicos instalados en los edificios, etc.)	kWh/habitante año	
	5	Emisiones asociadas a los materiales constructivos	Evalúa la cantidad de emisiones generadas para producir los materiales constructivos empleados en la construcción del conjunto de edificios que configuran la urbanización analizada.	Kg CO ₂ /m² construido	
	6	Consumo de agua potable en vivienda	Evalúa la cantidad de agua potable consumida por el conjunto de edificios y si existen sistemas de aprovechamiento y ahorro de agua	Litros/habitante día	
ESPACIO VIARIO	7	Distribución del viario para movilidad	Evalúa si la distribución del viario da prioridad a los espacios para el desplazamiento a pie, bicicleta o transporte público, y limita el espacio destinado al vehículo privado	% de viario para peatones % de viario para bicicletas % de viario para T Público	Obtención gráfica a partir de planos de la urbanización
	8	Consumo de electricidad por alumbrado público	Evalúa la eficiencia del sistema de iluminación instalado en la urbanización	kWh/habitante año	Cálculo a partir de contenidos en la memoria de proyecto (nº de luminarias, potencia de luminarias, nº horas de funcionamiento anual, etc.)
	9	Dotación de cobertura vegetal per cápita	Evalúa la cantidad anual de CO ₂ absorbida por las superficies verdes y arbolado	m²/habitante	Obtención gráfica a partir de planos de la urbanización
	10	Consumo de agua potable para viario público	Evalúa el ahorro de agua potable para usos viarios (riego, limpieza, bocas de incendio, etc.) en el área urbana analizada	Litros/habitante día	Cálculo estimado en función del nivel de aprovechamiento de pluviales o reutilización de aguas grises
	11	Distancia media a puntos de reciclaje	Evalúa la accesibilidad de los habitantes a los puntos de depósito de los residuos como vía para favorecer el reciclaje	metros	Obtención gráfica a partir de planos

Figura 3.2: Cuadro resumen de la lista de indicadores diseñados

Dada la posterior incorporación de este sistema de indicadores a URSOS, éstos se han diseñado teniendo en cuenta las necesidades del programa informático para realizar los cálculos:

1. Necesita unos datos de entrada, la mayoría de los cuales serán obtenidos por el propio URSOS:
 - Gráficamente (reparto del espacio viario, superficie de zonas verdes, distancias medias a puntos de reciclaje, etc.)
 - Con simulaciones energéticas de los edificios de la urbanización (demandas de calefacción, refrigeración, de agua caliente sanitaria, etc.)

Los datos que no se obtengan con URSOS, serán introducidos por pantalla a partir de la información disponible en la memoria de proyecto de la urbanización (número y tipo de luminarias, horas de funcionamiento, consumo de agua esperable en función de los sistemas de ahorro y reutilización que presente la urbanización etc.)

2. Necesita la implementación de una serie de ecuaciones y factores de conversión para transformar los datos de entrada en datos de salida en términos de emisiones (kg CO₂/habitante año).
3. Necesita que se le incorpore una base de datos con las escalas de cada indicador para interpretar los datos de salida obtenidos y asignar la calificación correspondiente en cada caso.

En la Figura 3.3 se muestra el esquema que seguirá URSOS para obtener la calificación de un indicador:

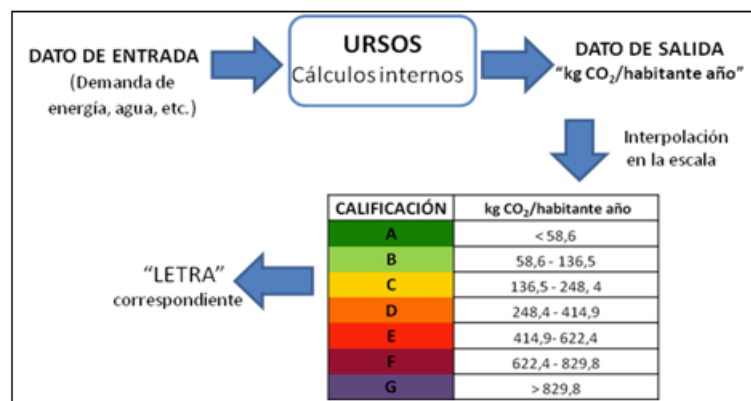


Figura 3.3: Diagrama de flujo del cálculo y calificación de un indicador en URSOS

3.4. Obtención de la Escala de Calificación específica para cada indicador

Una vez definidos los indicadores del sistema que nos van a permitir obtener valores de emisiones asociadas a los diferentes aspectos de la urbanización analizada, es preciso crear una Escala de Calificación específica para cada uno, que permita interpretar el nivel de satisfacción del valor obtenido, dado que un dato por sí mismo no tiene ningún sentido si no se tiene una referencia con la que compararlo.

Las Escalas empleadas se basan en el formato de Etiqueta Energética 2.2 planteada por la Unión Europea, con 7 intervalos de calificación representadas con letras de la A a la G, de mejor a peor

calificación respectivamente. Al valor de emisiones de referencia se le asigna la letra E, si el valor de emisiones obtenido con un indicador es menor que las emisiones de referencia, se le asignará la letra A, B o C según la mejora alcanzada. Se reserva las peores calificaciones (F y G) para aquellos casos en los que los resultados sean peores que los de referencia (mayor cantidad de emisiones asociadas).

En la Figura 3.4 se muestra un cuadro en el que se explica el significado de obtener cada uno de los 7 niveles de calificación.

CALIFICACIÓN	VALORACIÓN
A	Situación excelente, práctica innovadora
B	Situación muy buena, al día con las últimas innovaciones
C	Situación buena, mejor que la práctica convencional
D	Situación media-buena, mejor que la situación exigida
E	Situación mínima exigible, que cumple los mínimos exigidos o recomendados
F	Situación mala, por debajo de lo exigido o recomendado (correspondiente a la situación actual en la mayoría de las ciudades)
G	Situación muy mala, en la que urgen mejoras

Figura 3.4: Valoración de las distintas calificaciones de la Escala de Emisiones

A la hora de obtener el valor de referencia del que partir para realizar la Escala específica de cada indicador se han empleado:

1. Límites marcados por la normativa actual (Ej. Certificación Energética de Edificios)
2. Límites recomendados por Organismos Internacionales (Ej. Organización Mundial de la Salud (OMS))
3. En ausencia de normativa o recomendaciones se ha partido de valores medios proporcionados por Organizaciones Estadísticas u Observatorios Nacionales (Ej. Observatorio de Sostenibilidad Española (OSE), Instituto Nacional de Estadística (INE), etc.)

A partir de estos valores de referencia mínimos exigibles se han obtenido las escalas de calificación correspondientes que permitan clasificar los diferentes grados de mejora obtenidos: Al valor de referencia utilizado en cada indicador como mínimo exigible se le ha asignado el 100 % de las emisiones permitidas o recomendadas, y se le ha dado la letra E de la calificación. A partir de ahí se han obtenido los intervalos correspondientes al resto de niveles de la Escala¹ por relación lineal a partir del valor de referencia, como se ve a continuación en la Figura 3.5:

¹Los % de emisiones asignados a cada nivel de calificación han sido obtenidos por comparación con los empleados en otras etiquetas energéticas (electrodomésticos, certificación energética de edificios)

"E" → 100% emisiones = valor de referencia	
CALIFICACIÓN	% de emisiones asignados a cada nivel
A	< 25%
B	25 – 40 %
C	40 – 65 %
D	65 – 100 %
E	100 – 150 %
F	150 – 200 %
G	> 200%

Figura 3.5: % de emisiones asignadas a cada nivel de calificación obtenidas a partir del valor de referencia

En el Apéndice D se explica con más detalle cómo se ha diseñado cada uno de los 11 indicadores, así como el modo de obtención de la Escala de Calificación correspondiente a cada uno. La información aportada para cada indicador es la siguiente:

- Definición del indicador
- Unidades de medida de los datos de entrada que evalúa
- Utilidad
- Valor de referencia del que parte para hacer la escala y fuente de la que se ha obtenido
- Valor deseable a alcanzar
- Cálculo de la Escala de Calificación en términos de emisiones (kg CO₂/habitante año)

A continuación se muestra un cuadro resumen y la representación gráfica (Figura 3.6) que recoge las Escalas de Calificación individual para cada indicador y la Escala de emisiones Global de toda la urbanización, obtenida de la suma total de todas las escalas individuales.

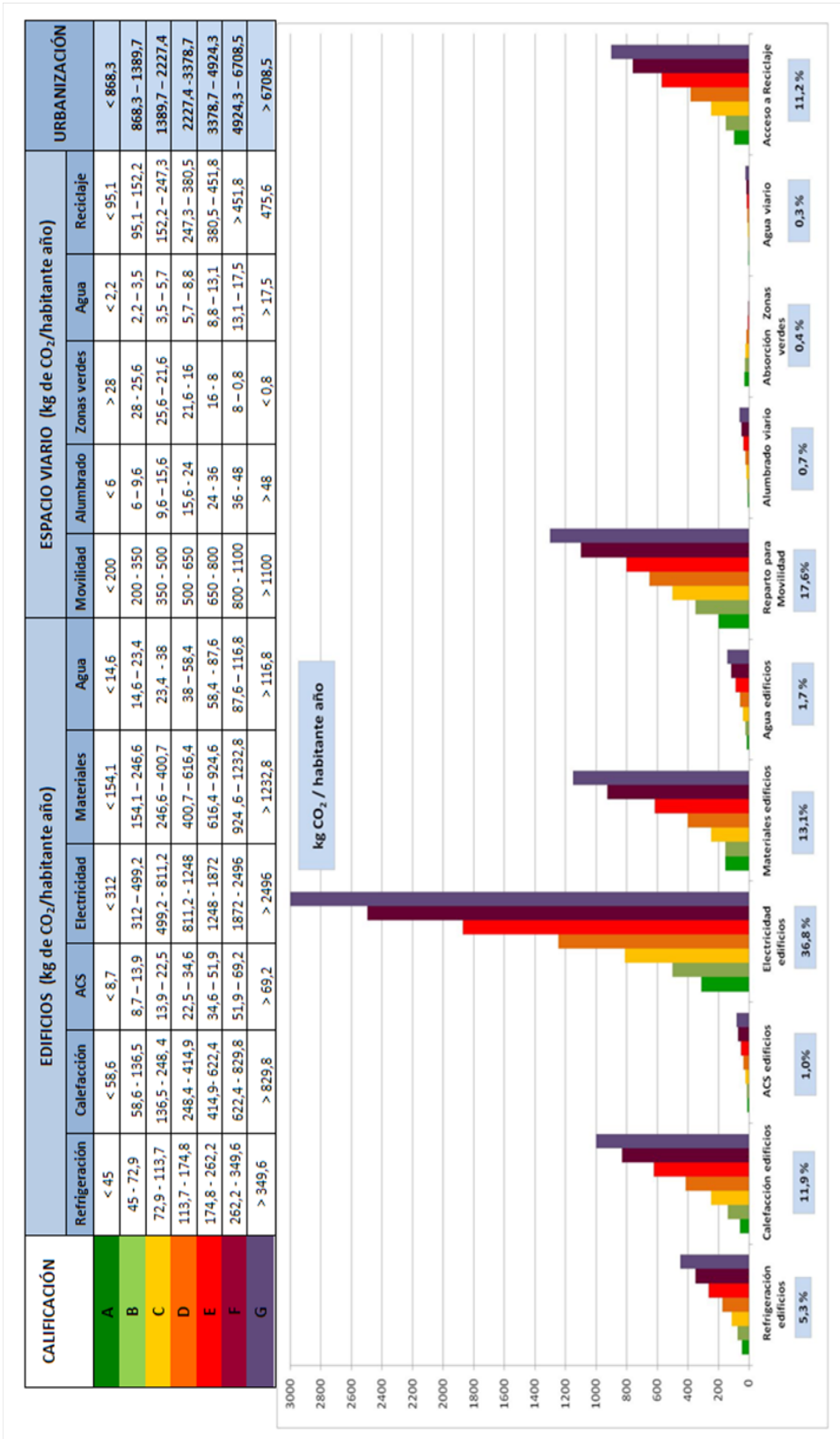


Figura 3.6: Cuadro Resumen de Escalas y Representación gráfica para los 11 indicadores

Este gráfico de barras, en el que están representados los 7 niveles de calificación para cada indicador, permite comparar los órdenes de magnitud de los distintos indicadores e identificar cuáles tienen un mayor impacto desde el punto de vista del CO₂ emitido. En la parte inferior de la gráfica se muestran los pesos relativos (%) de cada indicador respecto a las emisiones totales asociadas al conjunto de la urbanización. Los valores indican que los aspectos relacionados con los edificios tienen gran peso en las emisiones totales: electricidad (36,8%), materiales constructivos (13,1%), calefacción (11,9%), refrigeración (5,3%). En cuanto al viario público, los aspectos de mayor impacto son el reparto del espacio viario para movilidad (17,6%) y la distribución adecuada de puntos de recogida de residuos reciclables (11,2%).

Según esto, queda patente que los principales esfuerzos para la reducción de emisiones se deben enfocar a mejorar la eficiencia energética de los edificios, dar prioridad en el espacio viario a los medios de transporte no contaminantes y facilitar una gestión adecuada de residuos reciclables. Sin embargo, a pesar de tener menor impacto en las emisiones generadas, no se debe descuidar la adecuada gestión del agua y la dotación de arbolado y zonas verdes en el entorno urbano, aspectos fundamentales en un urbanismo sostenible.

Llegados a este punto, ya obtenido el Sistema completo de Indicadores con sus Escalas de Calificación correspondientes y antes de incorporarlo a URSOS, es necesario valorar su funcionalidad y para ello se ha aplicado a la Urbanización Valdespartera y también al área urbana total de Zaragoza para poder comparar los resultados.

En el Capítulo 4 se explica el procedimiento seguido para evaluar la eficiencia energética y emisiones asociadas a esta nueva urbanización y a Zaragoza empleando el Método diseñado, analizando la Calificaciones obtenidas en cada caso y viendo las mejoras que presenta el ecobarrio frente al comportamiento general de Zaragoza.

Capítulo 4

Aplicación del Sistema de Calificación a un caso práctico: Ecociudad Valdespartera

El objeto de este Capítulo no es sólo obtener la Calificación de Sostenibilidad Ambiental en Valdespartera, sino también comprobar que el método propuesto con su Sistema de Indicadores puede considerarse una herramienta funcional y aplicable en el desarrollo urbanístico.

Dado que la evaluación de Valdespartera ha sido previa a la incorporación del Método de Calificación a URSOS, no se ha podido usar este programa para la obtención de los datos de entrada para el cálculo de emisiones, que hubiera agilizado mucho el trabajo. En este caso el cálculo de los indicadores se ha realizado mediante hojas de cálculo y programas de simulación energética de edificios (LIDER), y la información sobre datos técnicos de la urbanización se ha obtenido de la página web del proyecto de Valdespartera [7].

4.1. Datos generales de Valdespartera

La urbanización elegida para validar el Método de Indicadores propuesto, como ya se ha comentado, ha sido el barrio de Valdespartera de reciente construcción, situado al suroeste de Zaragoza (Figura 4.1).

Su planeamiento urbanístico se inspira en los principios de sostenibilidad ambiental y ahorro energético. Dichas ideas se plasman en tres aspectos: ordenación urbanística, diseño arquitectónico y sistema constructivo:



Figura 4.1: Mapa de Zaragoza y de la urbanización Valdespartera

Ordenación Urbanística

- Orientación de los edificios para favorecer la captación solar (fachadas principales al Sur con separación adecuada de edificios para evitar sombreadamientos (Figura 4.2)
- Colocación de edificios para actuar de pantallas protectoras frente a los vientos dominantes
- Disposición de superficies vegetales en las calles y repartidas entre las viviendas, con fuerte presencia de arbolado
- Vegetación con especies autóctonas y de hoja caduca para favorecer la sombra en verano y el soleamiento en invierno
- Ahorro del agua: la grifería de las viviendas cuenta con dispositivos de reducción del caudal de agua; en el espacio urbano existen estanques y láminas de agua que recogen el agua de lluvia mediante un circuito independiente para el riego de los jardines. Existe un sistema de control automático del riego que limita éste una vez conseguida la humedad adecuada en los ajardinamientos públicos que se han realizado con plantas autóctonas con baja tasa de evaporación.
- Sistema neumático de recogida de residuos
- Iluminación en viales de alta eficiencia



Figura 4.2: Espacio suficiente entre edificios para evitar sombreamientos en fachadas

Diseño arquitectónico

- Cubiertas planas para la instalación de colectores solares para agua caliente sanitaria (ACS) (Figura 4.4).
- Fachadas de edificios diseñadas para favorecer la ventilación cruzada
- Diferente diseño de fachada según su orientación: ventanas pequeñas y fachadas con mayor aislamiento en las caras Norte, Este y Oeste. Galerías acristaladas y materiales con capacidad de acumulación de calor en las fachadas Sur para favorecer la captación solar pasiva. (Figura 4.3 y 4.4).
- Empleo de materiales constructivos en edificios de bajo impacto ambiental:
 - Se ha prohibido el uso de aislantes en cuyo proceso de fabricación se utilice HCFCs
 - Se ha prohibido el uso de maderas tropicales o procedentes de explotaciones no sostenibles. Se ha utilizado maderas producidas por el sector forestal español, de forma sostenible y sin tratamientos artificiales
 - El PVC se empleó en la menor cantidad posible y sólo si era reciclado
 - Se ha usado siempre que ha sido posible pinturas de base acuosa y de tipo ecológico (transpirables)
 - Se han empleado elementos de aislamiento fabricados con fibras naturales
 - Se han utilizado mecanismos eléctricos fabricados con materiales totalmente reciclables



Figura 4.3: Galerías acristaladas en fachada Sur



Figura 4.4: Ventanas pequeñas al Norte, Este y Oeste

4.2. Aplicación del Sistema de Calificación en Valdespartera

Una vez vistos los criterios urbanísticos presentes en Valdespartera, el siguiente paso es aplicar el Sistema de Indicadores en la urbanización para ver si la calificación obtenida refleja la realidad. A continuación se explica cómo se han obtenido cada uno de los 11 indicadores (Figura 4.5) así como la calificación obtenida en cada caso, para finalmente obtener la calificación correspondiente a todo el conjunto de urbanización. Se han seguido los mismos pasos planteados para el cálculo con URSOS, explicados en el Capítulo 3 (Figura 4.6).

	Nº	NOMBRE DEL INDICADOR
EDIFICIOS	1	Demanda de energía eléctrica para Refrigeración
	2	Demanda de energía térmica para Calefacción
	3	Demanda de energía térmica para ACS
	4	Consumo de electricidad
	5	Emisiones asociadas a los materiales constructivos
	6	Consumo de agua potable en vivienda
ESPACIO VIARIO	7	Distribución del viario para movilidad
	8	Consumo de electricidad por alumbrado público
	9	Dotación de cobertura vegetal per cápita
	10	Consumo de agua potable para viario público
	11	Distancia media a puntos de reciclaje

Figura 4.5: Sistema de Indicadores que constituyen el Método de Calificación de Sostenibilidad Ambiental

1 Demanda de energía eléctrica para Refrigeración

■ Cálculo del dato de entrada en (kWh/m^2 año):

Para el cálculo de este indicador se ha partido de los valores obtenidos de las simulaciones energéticas realizadas por el GEE para 10 edificios de Valdespartera con el programa LIDER.4.6

En la Figura 4.6 se muestra un cuadro resumen con los resultados obtenidos en estas simulaciones. Para cada edificio se ha calculado la demanda de calefacción (a $20^{\circ}C$) y de refrigeración

(a 25°C) en kWh/m² año.

PARCELA	EDIFICIO	ORIENTACIÓN	LIDER Demanda	
			Calefacción	Refrigeración (25 °C)
12	Norte Sur Oeste	37°	12.90	12.30
		37°	11.20	15.00
		127°	18.20	16.30
21	-	37°	14.40	11.20
24	Norte Sur Oeste	37°	16.80	11.20
		37°	12.70	11.90
		127°	14.40	17.40
27	Norte Sur Oeste	37°	18.16	12.94
		37°	15.69	13.93
		127°	21.86	13.80

Figura 4.6: Resultados de simulaciones energéticas realizadas por el GEE para diferentes edificios de Valdespartera

Para el cálculo de este indicador se necesita un valor de demanda de refrigeración correspondiente a todos los edificios de la urbanización, cálculo que ejecutará URSOS. En este caso, por las razones antes señaladas, se ha optado por emplear un valor medio obtenido de los valores calculados para un conjunto de 10 edificios representativo del conjunto de urbanización. Como puede verse en la Figura 4.6, los resultados obtenidos varían de unos edificios a otros en función de su orientación y del nivel de aislamiento, por lo que se ha calculado el valor medio (13,8 kWh/m²año) y este dato de demanda media de refrigeración ha sido el valor empleado como dato de entrada de este indicador.

■ **Cálculo del dato de salida en (kg CO₂/habitante año):**

El siguiente paso es transformar el dato de demanda de energía (kWh/m²año) a dato de emisiones de CO₂ (kg CO₂ /habitante año). Para ello se emplean los factores de conversión explicados en el Apéndice D y que serán los introducidos en URSOS, como se muestra a continuación:

$$\text{kWh/m}^2\text{año} \times 0,32 \text{ kg CO}_2/\text{kWh eléctrico} \times 33,3 \text{ m}^2/\text{habitante} = \text{kg CO}_2/\text{habitante año}$$

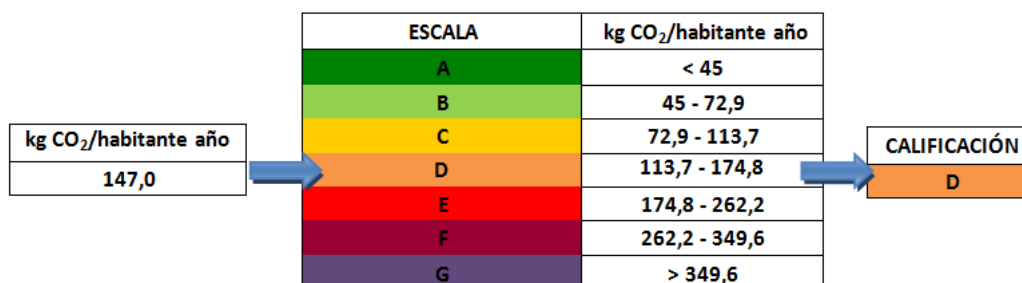
Demanda media de Refrigeración (25°C) (kWh/m ² año)	Emisiones (kg CO ₂ /habitante año)
13,8	147,0

Luego como dato de salida del indicador se ha obtenido un valor de emisiones de **147,0 kg CO₂/habitante año**.

■ **Obtención de la Calificación según la Escala:**

Valdespartera:

Una vez convertido el dato de entrada a dato de salida, la calificación se obtiene directamente interpolando el valor de emisiones en la escala específica del indicador, como se muestra a continuación:



Según la escala, la calificación correspondiente a este indicador es D: diseño de los edificios para condiciones de verano mejor que en el valor mínimo exigible por el CTE.

Zaragoza:

Si este resultado se compara con la demanda media de refrigeración de los edificios actuales de la ciudad de Zaragoza que, de acuerdo con los mínimos exigidos por la NBE-CT-79¹, es de 52,9 kWh/m²año, que tiene asociada una calificación G (563,7 kg CO₂/habitante año) se puede dar una idea de la mejora conseguida en Valdespartera en cuanto al diseño de edificios para condiciones de verano se refiere.

2 Demanda de energía térmica para Calefacción

■ Cálculo del dato de entrada en (kWh/m² año):

Para el cálculo de este indicador se ha partido, como en el caso del indicador 1, de los valores de demanda de calefacción (kWh/m² año) obtenidos por el GEE para 10 edificios de Valdespartera (Figura 4.6). Como dato de entrada representativo de los edificios de la urbanización se ha empleado el valor medio de demanda de calefacción de los 10 edificios simulados con LIDER, resultando **15,6 kWh/m²año**.

■ Cálculo del dato de salida en (kg CO₂/habitante año):

El siguiente paso es transformar el dato de demanda de calefacción (**15,6 kWh/m²año**) a dato de emisiones de CO₂. Para ello se emplean los factores de conversión explicados en el Apéndice D y que serán los presentes en URSOS:

$$\text{kWh/m}^2\text{año} \times 0,2 \text{ kg CO}_2/\text{kWh con gas natural} \times 33,3 \text{ m}^2/\text{habitante} = \text{kg CO}_2/\text{habitante año}$$

Demanda media de Calefacción (20°C) (kWh/m ² año)	Emisiones (kg CO ₂ /habitante año)
15,6	103,9

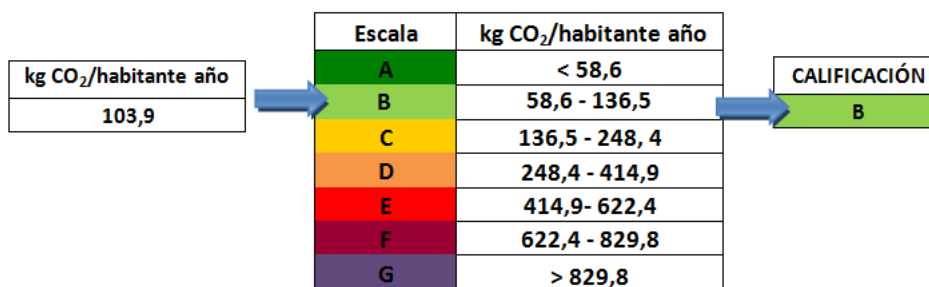
¹Norma básica de la edificación sobre condiciones térmicas en edificios derogada desde 2007 y sustituida por el actual CTE

El dato de salida obtenido es de **103,9 kg CO₂/habitante año**.

■ **Obtención de la Calificación según la Escala:**

Valdespartera:

Una vez convertido el dato de entrada a emisiones, la calificación del indicador se obtiene directamente interpolando en los valores en la escala específica, como se muestra a continuación:



En este caso la calificación correspondiente de este indicador es B: Situación muy buena, empleo de innovaciones en el diseño de los edificios para las condiciones de invierno (demanda de calefacción muy inferior a los valores exigidos).

Zaragoza:

Si este resultado se compara con la demanda media de calefacción de los edificios actuales de la ciudad de Zaragoza que, de acuerdo con los mínimos exigidos por la NBE-CT-79, es de 126,9 kWh/m²año y tiene asociada una calificación G (845,1kg CO₂/habitante año) da una idea de la mejora conseguida en Valdespartera en cuanto al diseño de edificios para condiciones de invierno se refiere.

3 Demanda de energía térmica para ACS

■ **Cálculo del dato de entrada en (kWh/habitante año):**

Los edificios de Valdespartera tienen instalados en sus cubiertas colectores solares para satisfacer el 45 % de la demanda total de agua caliente sanitaria (ACS). Esto significa que el 45 % de la demanda de energía total para ACS no tiene asociadas emisiones de CO₂, pero sí el 55 % restante, que deberá ser satisfecha mediante calderas de gas natural. Por tanto, como dato de entrada de este indicador se ha empleado el 55 % del valor de demanda de ACS calculada según el CTE para la ciudad de Zaragoza (428,9 kWh/habitante año, (ver Apéndice D)) obteniéndose una demanda para el caso de Valdespartera de **235,7 kWh/habitante año**.

■ **Cálculo del dato de salida en (kg CO₂/habitante año):**

El siguiente paso es transformar el dato de demanda de energía (**kWh/habitante año**) a dato de emisiones de CO₂ (**kg CO₂ /habitante año**). Para ello se emplean los factores de conversión correspondientes explicados en el Apéndice D, como se muestra a continuación:

$$\text{kWh/habitante año} \times 0,20 \text{ kg CO}_2/\text{kWh con gas natural} = \text{kg CO}_2/\text{habitante año}$$

Demanda ACS para Valdespartera (cobertura del 45% con solar térmica) (kWh/habitante año)	Emisiones (kg CO ₂ /habitante año)
235,7	47,2

■ **Obtención de la Calificación según la Escala:**

Valdespartera:

kg CO ₂ /habitante año	Escala	kg CO ₂ /habitante año	CALIFICACIÓN
47,2	A	< 8,7	E
	B	8,7 – 13,9	
	C	13,9 – 22,5	
	D	22,5 – 34,6	
	E	34,6 – 51,9	
	F	51,9 – 69,2	
	G	> 69,2	

La Calificación correspondiente a este indicador ha sido E: Situación próxima a los mínimos exigidos en la legislación pero algo inferiores, ya que el CTE marca una cobertura mínima del 60 % con energía solar térmica para el caso de Zaragoza, mientras que en Valdespartera cubre el 45 %. Sin embargo, si se tiene en cuenta que la construcción de Valdespartera fue anterior a la aprobación del CTE, se puede considerar que un 45 % de cobertura solar es un buen resultado, ya que es muy superior a la situación actual en España.

Zaragoza:

En el caso de la ciudad de Zaragoza, la demanda esperable de ACS en los edificios, que no presentan cobertura solar, es de 428,9 kWh/habitante año, la cual tiene asociada una calificación G (85,8 kg CO₂/habitante año).

4 Consumo de energía eléctrica en edificios

■ **Cálculo del dato de entrada en (kWh/m² año):**

En los edificios de Valdespartera no se han colocado sistemas fotovoltaicos para autoabastecimiento eléctrico, pero sí se ha dispuesto de iluminación eficiente y detectores de presencia en zonas comunes del edificio (portales, escaleras, pasillos rellanos) además las viviendas presentan grandes posibilidades para el aprovechamiento de luz natural (grandes ventanas y buena orientación). (Además se ha repartido a los ocupantes de las viviendas folletos informativos con recomendaciones para el empleo de bombillas de bajo consumo en sus viviendas).

Por todo esto se estima un ahorro en energía eléctrica de al menos el 40 % respecto del valor medio en España (**3.900 kWh/habitante año**) (Apéndice D), por lo que como dato de entrada para el indicador se ha empleado el consumo de energía eléctrica correspondiente al 60 % de 3.900, resultando **2.340 kWh/habitante año**.

■ **Cálculo del dato de salida en (kg CO₂/habitante año):**

El siguiente paso es transformar el dato de demanda eléctrica (kWh/habitante año) a dato de emisiones de CO₂ (kg CO₂/habitante año). Para ello se emplean los factores de conversión correspondientes (Apéndice D):

$$\text{kWh/habitante año} \times 0,32 \text{ kg CO}_2/\text{kWh eléctrico} = \text{kg CO}_2/\text{habitante año}$$

Demanda de electricidad (kWh/habitante año)	Emisiones (kg CO ₂ /habitante año)
2340	748,8

■ **Obtención de la Calificación según la Escala:**

Valdespartera:

kg CO ₂ /habitante año	Escala	kg CO ₂ /habitante año	CALIFICACIÓN
748,8	A	< 312	C
	B	312 – 499,2	
	C	499,2 - 811,2	
	D	811,2 - 1248	
	E	1248 - 1872	
	F	1872 - 2496	
	G	> 2496	

La calificación correspondiente a este indicador ha sido C, lo que muestra una situación buena, mucho mejor que la media española (E).

Zaragoza:

La demanda eléctrica en Zaragoza, que según el OSE (2009) el consumo de energía fue de **6.500 kWh/habitante año**, calificación F (2080 kg CO₂/habitante año).

5 Emisiones asociadas a los materiales constructivos

■ **Cálculo del dato de entrada y salida en (kg CO₂/habitante año):**

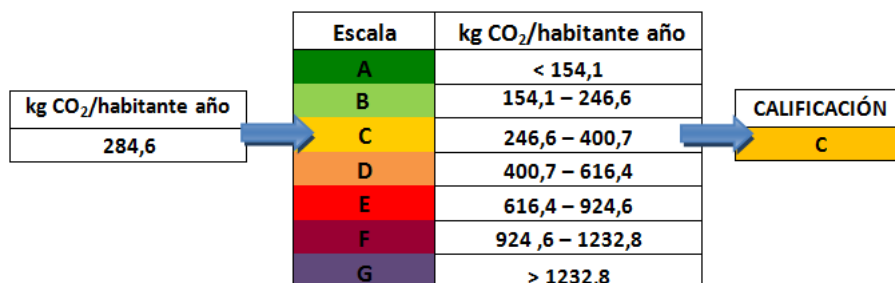
En este caso el dato de entrada del indicador ya está expresado en unidades de dato de salida (kg CO₂/habitante año). Este dato de entrada se ha obtenido de un estudio llevado a cabo por CIRCE [4] dentro del proyecto europeo ENSLIC [28] sobre el análisis del ciclo de vida de los materiales de 2 edificios de Valdespartera. Los resultados que obtuvieron son los siguientes:

Edificio P12 (kg CO ₂ /habitante año)	Edificio P24 (kg CO ₂ /habitante año)	Valor medio (kg CO ₂ /habitante año)
262,2	307,3	284,6

Como dato de salida representativo de la urbanización se ha empleado el valor medio de emisiones de los dos edificios analizados por CIRCE, siendo **284,6 kg CO₂/habitante año**.

■ **Obtención de la Calificación según la Escala:**

Valdespartera: La calificación del indicador se obtiene, como en los casos anteriores, por interpolación en la escala específica:



La calificación obtenida ha sido C: Situación buena, materiales constructivos con bastante menor impacto que los límites recomendables.

Zaragoza:

Para obtener el valor de los edificios de Zaragoza realizó el estudio para 2 edificios construidos con los materiales convencionales (empleando una hoja de cálculo realizada por el GEE) y ambos dieron valores comprendidos entre 600 y 800 kg CO₂/habitante año, a los cuales les corresponde una calificación E, sin embargo estos valores pueden ser mucho mayores según el tipo de edificio evaluado, sobre todo los de estilo vanguardista de los últimos años, con materiales de alta calidad en cuanto a resistencia y estética, pero a su vez de alto impacto ambiental y energético, que pueden llegar a calificaciones F o incluso G.

6 Consumo de agua potable en vivienda

■ **Cálculo del dato de entrada en (litros/habitante año):**

Las viviendas de Valdespartera presentan sistemas para de ahorro de agua, basados en la reducción del caudal sin perjuicio para el usuario:

- Válvulas reductoras y aireadores en los grifos de cocina y baños
- Cisternas de inodoros de capacidad reducida (3-6 litros) con opción de doble descarga
- Recogida de agua de lluvia en las cubiertas de los edificios, la cual no es vertida en la red de saneamiento sino que es almacenada para el riego de los jardines privados de los edificios

Como consecuencia de estos sistemas ahorradores se estima una reducción de la demanda de agua potable en vivienda entre 40-50 % respecto a no tener instalados estos sistemas.

Para el cálculo del dato de entrada representativo de los edificios de Valdespartera, se ha partido del valor de consumo medio de Zaragoza (117,2 litros/habitante día) (OSE 2009) y se le ha aplicado un ahorro del 45 % (valor intermedio del rango estimado de 40-50 %). Según esto, para los edificios de Valdespartera se estima una demanda medida de agua potable de **70,3 litros/habitante día**.

■ **Cálculo del dato de salida en (kg CO₂/habitante año):**

El siguiente paso es transformar el dato de demanda de agua en **(litros/habitante día)** a dato de emisiones en **(kg CO₂ /habitante año)**. Para ello se emplean los factores de conversión correspondientes explicados en el Apéndice D, como se muestra a continuación:

$$\text{Litros/habitante día} \times 365 \text{ días/año} \div 1000 \text{ litros/m}^3 \times 5 \text{ kWh/m}^3 \times 0,32 \text{ kg CO}_2/\text{kWh eléctrico} = \text{kg CO}_2/\text{habitante año}$$

Demanda de agua en Valdespartera (litros/habitante año)	Emisiones en (kg CO ₂ /habitante año)
70,3	41,1

■ **Obtención de la Calificación según la Escala:**

Valdespartera:

Una vez convertido el dato a emisiones, la calificación se obtiene directamente interpolando en los valores en la escala:

kg CO ₂ /habitante año	Escala	kg CO ₂ /habitante año	CALIFICACIÓN
41,1	A	< 14,6	D
	B	14,6 – 23,4	
	C	23,4 - 38	
	D	38 – 58,4	
	E	58,4 - 87,6	
	F	87,6 – 116,8	
	G	> 116,8	

La calificación correspondiente ha sido D: Situación mejor que lo recomendado por la OMS (100 litros/habitante día), debido a los sistemas de ahorro en grifos, duchas y baños que presentan los edificios.

Zaragoza:

En el caso de Zaragoza (con un consumo medio de 117,2 litros/habitante día), la calificación obtenida es E (68,4 kg CO₂/habitante año) y la de la media Española (166 litros/habitante día según las encuestas del INE para 2007)), sería de F (96,9 kg CO₂/habitante año).

7 Distribución del espacio viario para movilidad

- **Cálculo del dato de entrada (% espacio para peatón, % espacio para bici, % espacio para transporte público, % espacio para vehículo privado):** La Urbanización de Valdespartera cuenta con 60 calles con un total de 32 km de longitud, distribuidas en 4 km de grandes avenidas, 20 km de calles de tráfico separado (viales principales) y 8 km de calles de tráfico compartido donde el peatón tiene la prioridad frente al vehículo (Figura 4.7 y Figura 4.8).



Figura 4.7: Tipos de vías para vehículo privado. Fuente: Elaboración Propia



Figura 4.8: Viales específicos para bicicleta o transporte público. Fuente: Elaboración propia

- Las avenidas se proyectan con una sección generosa, de 50 metros de ancho, con doble calzada de 3 carriles por sentido, amplia mediana y espaciosas aceras de 10 m de ancho que albergan carril bici por ambos lados
- Los viales principales son unidireccionales de 2 carriles, banda de aparcamiento en línea, aceras de 3 o más metros y bandas de paseo laterales, alcanzado ancho de más de 20 metros
- Un tercer nivel lo constituyen las calles de tráfico compartido, concebidas como un espacio de tráfico restringido donde coexisten el peatón, el automóvil y el ciclista con zonas de estancia y juegos

- Asimismo, se ha construido a lo largo de toda la urbanización un carril para bicicletas con una longitud de 14,4 km que recorren las avenidas y acceden a las viviendas a través de estas calles con tráfico compartido
- Además se están construyendo 2,5 km de vía de tranvía prevista para 2012.

En base a estos datos se ha calculado la superficie (m^2) del espacio viario destinado a cada modo de transporte y el peso relativo que supone este espacio (%) respecto al espacio viario total, y estos datos han sido los valores empleados como dato de entrada para el cálculo de este indicador (Figura 4.9).

Superficie destinada a cada medio de transporte	Coche	Peatón	Bici	Bus Tranvía	Espacio viario total
	257.550 m^2	243.050 m^2	35.100 m^2	30.250 m^2	565.950 m^2
Distribución del espacio viario	46 %	43 %	6 %	5 %	100 %

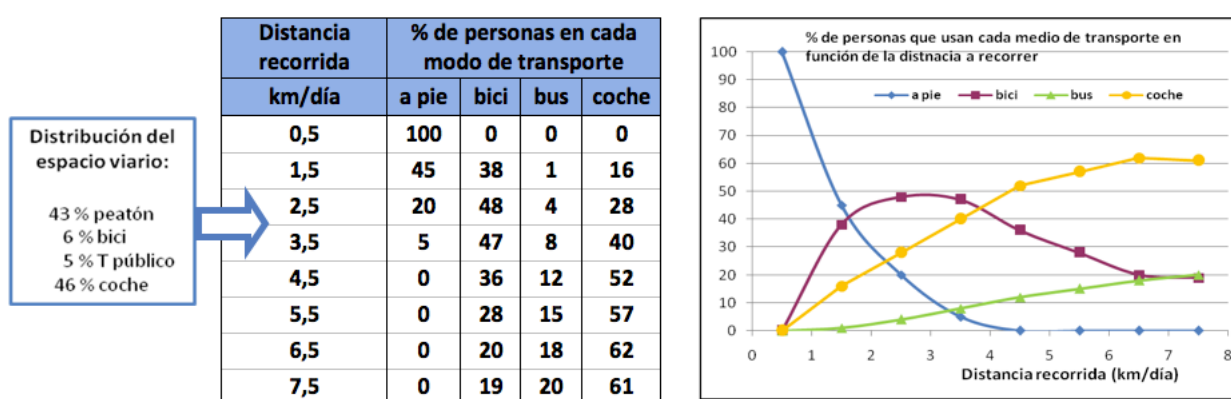
Figura 4.9: Espacio destinado (m^2) y distribución (%) correspondientes a cada modo de transporte

■ Cálculo del dato de salida en ($kg\ CO_2$ /habitante año)

El siguiente paso es transformar los datos de distribución del viario (%) a datos de salida en ($kg\ CO_2$ /habitante año). Para ello se ha empleado la hoja de cálculo realizada para este fin en la que se relaciona el % de espacio viario facilitado para cada modo de transporte con el uso esperado de los habitantes (%), de acuerdo a la metodología explicada en el Apéndice D para este indicador.

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

Reparto modal de los habitantes para esa distribución concreta del viario en función de la distancia a recorrer:



Una vez obtenida el reparto modal según la distancia recorrida el siguiente paso es calcular las emisiones asociadas a estos desplazamientos. Para ello, como se explica en el Apéndice D, se aplica la siguiente fórmula que convierte los datos en % de personas que usan cada medio de transporte contenidos en la tabla anterior a $kg\ CO_2$ /habitante año en función de la distancia recorrida:

$$\Sigma (\% \text{ de personas} \times \text{kg CO}_2/\text{km persona} \times \text{Distancia recorrida (km /día)} = \text{kg CO}_2/\text{persona día}$$

Valores de (kg CO₂/km persona) según el modo de transporte (Fuente: IDAE):

Coche	0,107 kg CO ₂ /km persona
Bus	0,027 kg CO ₂ /km persona
Bici y peatón	0 kg CO ₂ /km persona

Los datos obtenidos han sido los siguientes:

Distancia recorrida km/día	% de personas en cada modo de transporte				kg CO ₂ /habitante día
	a pie	bici	bus	coche	
0,5	100	0	0	0	0
1,5	45	38	1	16	0,03
2,5	20	48	4	28	0,08
3,5	5	47	8	40	0,17
4,5	0	36	12	52	0,28
5,5	0	28	15	57	0,38
6,5	0	20	18	62	0,50
7,5	0	19	20	61	0,58
					2,02 kg CO ₂ /persona día
					736,3 kg CO ₂ /habitante año

Por, tanto la distribución del viario concreta de Valdespartera tiene asociadas unas emisiones de movilidad correspondientes a 736,3 kg CO₂/habitante año.

■ Obtención de la Calificación según la Escala:

Valdespartera:

Una vez convertidos los datos de distribución viaria a emisiones, la calificación se obtiene directamente interpolando en los valores en la escala específica de este indicador, como se muestra a continuación:

kg CO ₂ /habitante año	Escala	kg CO ₂ /habitante año	CALIFICACIÓN
736,3	A	< 200	E
	B	200 - 350	
	C	350 - 500	
	D	500 - 650	
	E	650 - 800	
	F	800 - 1100	
	G	> 1100	

Según la escala, la calificación correspondiente a este indicador es E: Situación límite. Valdespartera presenta carril bici y amplios espacios peatonales, sin embargo en cuanto a la distribución

del transporte rodado el espacio destinado al vehículo privado (46 %) tiene prioridad frente al destinado a transporte público (5 %).

Aunque está prevista la incorporación de tranvía para 2012, actualmente sólo existe una línea de autobús (C3) con no demasiadas paradas (ocho) para la gran amplitud del barrio y con una frecuencia baja (cada 20 minutos). Para que en Valdespartera se dé una movilidad sostenible es fundamental que haya un transporte público mejor distribuido en el espacio viario y de mayor frecuencia, ya que de no ser así y dada la distancia entre el barrio y el centro de Zaragoza, el coche privado será el medio de transporte empleado por excelencia.

Zaragoza:

En el caso de Zaragoza la situación es parecida a la de Valdespartera en cuanto a zonas peatonales y carriles bici, pero es algo mejor en cuanto a transporte público ya que cuenta con carriles bus específicos y con una gran flota de autobuses de alta frecuencia, sin embargo, pese a ser una de las ciudades españolas con más dotación de espacio viario destinado a carriles bici y transporte público, todavía es el coche privado el que ocupa el primer puesto en prioridad frente al resto de modos de transporte alternativos. La calificación asignada para Zaragoza es E (entre 600-700 kg CO₂/habitante año).

8 Consumo de electricidad para alumbrado público

■ **Cálculo del dato de entrada en (kWh/habitante año):**

En toda de la urbanización se ha colocado un alumbrado permanente y reducido, con control para encendido total en el crepúsculo, alumbrado parcial desde una hora prefijada y desconexión con el alba. Este sistema proporciona un mayor ahorro energético, prolonga la vida de las 3.000 farolas instaladas en y mantiene la uniformidad luminosa en el alumbrado. La potencia de las luminarias es distinto en función de la vía en la que se coloca (grandes avenidas, viales principales o viales de tráfico compartido)

A continuación se muestra el cálculo de la energía anual demandada por alumbrado público en la urbanización:

Tipo de vías	Nº luminarias	Potencia (W)	Funcionamiento (horas/año)	Nº de habitantes en la urbanización
Grandes avenidas	570	250	3.000	30.000 (Se ha supuesto una habitabilidad de 3 habitantes por vivienda, para las 10.000 viviendas que forman la urbanización)
Viales principales	1800	250		
Viales compartidos	630	100		
Total= 3000		Pot media = 218,5		

$$218,5 \text{ W} \times 3.000 \text{ luminarias} \times 3.000 \text{ horas/año} \div 30.000 \text{ habitantes} = 65.550 \text{ Wh/habitante}$$

Por tanto 65,5 kWh/habitante año es el consumo medio de electricidad para iluminación viaria en la urbanización (por debajo incluso al valor objetivo marcado por el Plan de Acción Nacional 2008-2012 de 75 kWh/ habitante año).

■ **Cálculo del dato de salida en (kg CO₂/habitante año):**

El siguiente paso es transformar el dato de entrada (65,5 kWh/habitante año) a dato de emisiones. Para ello se emplean los siguientes factores de conversión (Apéndice D):

$$\text{kWh/habitante año} \times 0,32 \text{ kg CO}_2/\text{kWh eléctrico} = \text{kg CO}_2/\text{habitante año}$$

Demanda de electricidad (kWh/habitante año)	Emisiones (kg CO ₂ /habitante año)
65,5	21,0

■ **Obtención de la Calificación según la Escala:**

Valdespartera:

Según la escala del indicador, este valor de emisiones, 21,0 kg CO₂/habitante año, tiene una calificación D: Situación mejor que la exigible, emisiones por alumbrado viario menores que las mínimas recomendadas.

kg CO ₂ /habitante año		Escala	kg CO ₂ /habitante año		CALIFICACIÓN
21,0	→	A	< 6	→	D
		B	6 – 9,6		
		C	9,6 – 15,6		
		D	15,6 - 24		
		E	24 - 36		
		F	36 - 48		
		G	> 48		

Zaragoza:

En el caso de Zaragoza, según los valores obtenidos en 2009 el consumo en iluminación es de 63,7 kWh/habitante año [30], un 15 % inferior al valor objetivo del Plan Nacional para 2012, obteniendo también buena calificación D (20,4 kg CO₂/habitante año)

9 Dotación de cobertura vegetal per cápita

■ **Cálculo del dato de entrada en (m²/habitante año):**

A lo largo de la urbanización existen multitud de espacios dedicados a zonas verdes tanto en los espacios públicos (parques, bulevares, espacios lineales en los viales) como en los espacios privados (jardines dentro de cada parcela de edificios). Para el ajardinamiento de los espacios públicos y privados se ha evitado el uso de césped y demás especies vegetales muy consumidoras de agua, y se ha empleado en su lugar especies autóctonas y césped resistente a la sequía (Figuras 4.10 y 4.11).



Figura 4.10: Imágenes de espacios verdes en Valdespartera



Figura 4.11: Mapa con la cobertura vegetal de la urbanización

A partir de los siguientes datos de la urbanización se ha calculado la dotación de cobertura vegetal ($\text{m}^2/\text{habitante}$) presente en Valdespartera:

Superficie de zonas verdes total (m^2)	391.182
Nº habitantes	30.000

$$391.182 \text{ m}^2 \text{ de zonas verdes} \div 30.000 \text{ habitantes} = 13,1 \text{ m}^2/\text{habitante}$$

Por tanto $13,1 \text{ m}^2/\text{habitante}$ es el valor de entrada para este indicador.

■ **Cálculo del dato de salida en ($\text{kg CO}_2/\text{habitante año}$):**

El siguiente paso es transformar el dato de cobertura de zonas verdes en $\text{m}^2/\text{habitante}$ a dato de cantidad de CO_2 absorbido por la vegetación en $\text{kg CO}_2/\text{habitante año}$. Para ello se ha empleado la siguiente conversión, explicada en el Apéndice D:

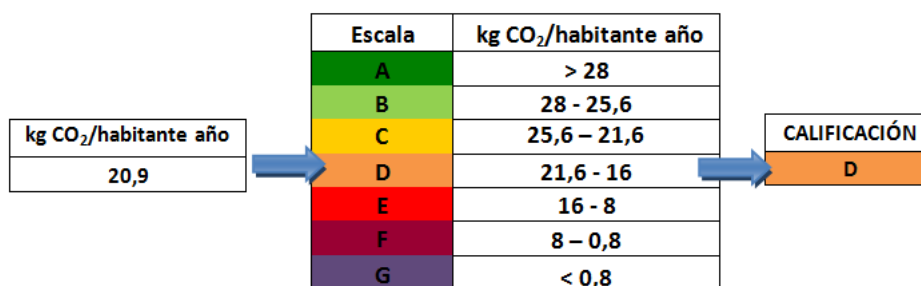
$$\text{m}^2/\text{habitante} \times 1,6 \text{ kg CO}_2 \text{ absorbidos}/\text{m}^2 \text{ zona verde y año}$$

Superficie vegetal ($\text{m}^2/\text{habitante}$)	Absorción ($\text{kg CO}_2/\text{habitante año}$)
13,1	20,9

■ **Obtención de la Calificación según la Escala:**

Valdespartera:

Una vez convertido el dato de cobertura de zonas verdes a absorción de CO₂, la calificación del indicador se obtiene directamente interpolando en los valores de la escala, como se muestra a continuación:



Según la escala, la calificación correspondiente es D: situación buena, superior a los valores mínimos recomendados por OMS (10 m²/habitante).

Zaragoza:

En el caso de Zaragoza la dotación de zonas verdes es bastante inferior (6,6 m²/habitante [25]), lo cual tiene asociada una calificación E (10,4 kg CO₂/habitante año).

10	Consumo de agua potable para viario público
----	---

■ **Cálculo del dato de entrada en (litros/habitante día):**

En Valdespartera se han instalado sistemas separativos de agua tanto en la red de abastecimiento como en la red de saneamiento:

- Red de Saneamiento con separación entre aguas pluviales y aguas fecales:
Las aguas fecales procedentes de las viviendas tienen una red independiente que es dirigida a la EDAR para su depuración correspondiente. Las aguas pluviales, que llegan a la red por escorrentía superficial, son conducidas a lagos de almacenamiento para su posterior uso como agua de riego y el exceso es vertido al río Huerva. (Para las primeras aguas de lluvia que llegan a la red, más cargadas de suciedad de las calles y cubiertas de edificios, se ha ejecutado varios tanques de tormentas que recogen este agua y la derivan a la red de fecales para evitar su vertido directo al río).
- Red de Abastecimiento con separación entre agua potable y agua no potable:
El suministro de la red de riego se diseña separado de la red de agua potable lo cual, además de ahorrar recursos energéticos asociados a tratamiento, permite regar con agua exenta de hipocloritos, perjudiciales para las plantas. Este agua de riego se toma directamente del Canal Imperial de Aragón y es almacenada en las balsas de laminación ubicadas junto a los depósitos de agua potable. Desde allí se distribuye mediante red de tuberías en paralelo a la de potable para riego de zonas verdes públicas y privadas.

Según esta información, en Valdespartera no se emplea agua potable para usos viarios, sino que se utilizan aguas pluviales recogidas en balsas de almacenamiento o en su defecto es captada del Canal Imperial. Por tanto el dato de entrada del indicador de consumo de agua potable es de 0 litros/habitante día.

■ **Cálculo del dato de salida en (kg CO₂/habitante año):**

Al no existir consumo de agua potable para usos viarios, el dato de emisiones asociadas para este indicador también es nulo en este caso:

$$\text{Litros/habitante día} \times 365 \text{ días/año} \div 1000 \text{ litros/m}^3 \times 5 \text{ kWh/m}^3 \times 0,32 \text{ kg CO}_2/\text{kWh eléctrico}$$

Consumo de agua potable (litros/habitante año)	Emisiones en (kg CO ₂ /habitante año)
0	0

Luego el valor de salida del indicador será 0 kg CO₂/habitante año.

■ **Obtención de la Calificación según la Escala:**

Valdespartera:

kg CO ₂ /habitante año	Escala	kg CO ₂ /habitante año	CALIFICACIÓN
0	A	< 2,2	A
	B	2,2 – 3,5	
	C	3,5 – 5,7	
	D	5,7 – 8,8	
	E	8,8 – 13,1	
	F	13,1 – 17,5	
	G	< 17,5	

Según la escala, la calificación correspondiente a este indicador en Valdespartera ha sido A: Situación excelente, práctica innovadora en cuanto a aprovechamiento de aguas pluviales y ahorro en agua potable e instalación de redes separativas según calidades del agua.

Zaragoza:

En el caso de Zaragoza se estima un consumo de agua potable para usos viarios del 14 % del consumo total de agua [32] (282,6 litros/habitante día [25]), luego tiene una calificación de G (23,10 kg CO₂/habitante año).

11 Distancia media a puntos de reciclaje

■ **Cálculo del dato de entrada en (metros):**

Valdespartera es el primer sector de Zaragoza donde se ha implantado un sistema de recogida neumática de residuos. En el interior de cada manzana residencial existen 2 buzones, uno para residuos orgánicos y el otro para envases. Desde los buzones la basura es impulsada por sendos conductos soterrados hasta una central de recogida donde es compactada e introducida en contenedores para su transporte a los lugares donde ha de verificarse su recuperación. En

cuando a los contenedores de vidrio y papel-cartón su recogida no es neumática, sino que se han dispuesto contenedores repartidos por toda la urbanización.

En la siguiente tabla (Figura 4.2) se muestran las distancias medias desde los edificios a los contenedores de recogida selectiva en Valdespartera:

Tipo de residuo	Nº de contenedores	Suelo residencial (m ²)	Distancia a cada contenedor (m)
Envases	266	445.637	46,1
Vidrio	69		90,7
Papel-Cartón	69		90,7
Total = 404			Distancia media = 61,3 m

Este valor de distancia media a puntos de reciclaje (61,3 m) es el dato de entrada empleado para este indicador.

■ **Cálculo del dato de salida en (kg CO₂/habitante año):**

El siguiente paso es transformar el dato de distancia media (61,3 m) a dato de emisiones. Para ello se emplean la siguiente relación (explicada con detalle en el Apéndice D):

A una distancia de 250 m a los puntos de reciclaje se le asigna una tasa de depósito de residuos del 20 %.

Distancia al contenedor de reciclaje (m)	% Reciclado	kWh/habitante año	kg CO ₂ /habitante año
250	20	1189	380,5

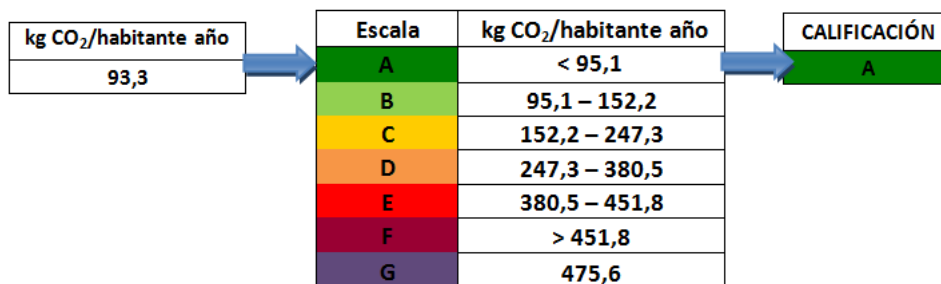
Aplicando la relación anterior al caso de 61,3 m del caso de Valdespartera se obtiene un valor de emisiones asociadas (dato de salida) de 93,3 kg CO₂/habitante año:

Distancia media a puntos de reciclaje (metros)	Emisiones en (kg CO ₂ /habitante año)
61,3	93,3

■ **Obtención de la Calificación según la Escala:**

Valdespartera:

Una vez convertido el dato de distancia media a emisiones, la calificación se obtiene directamente interpolando en los valores en la escala específica del indicador, como se muestra a continuación:



Según la escala, la calificación correspondiente a este indicador ha sido A: Situación excelente, adecuada distribución de contenedores en Valdespartera para proporcionar distancias de acceso cortas y favorecer la separación de residuos para su posterior reciclado.

Zaragoza:

En el caso de Zaragoza, según datos del Ayuntamiento hay:

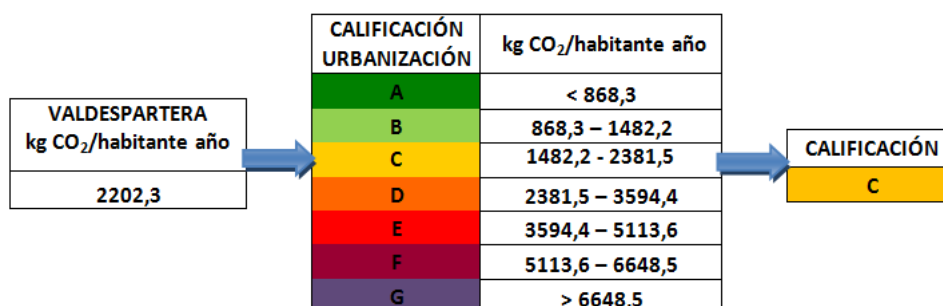
- 1.869 Contenedores de envase: 1 contenedor/360 habitantes ²
- 1.606 Contenedores de papel-cartón: 1 contenedor/420 habitantes
- 1.565 Contenedores de vidrio: 1 contenedor/430 habitantes

Empleando un valor medio de 1 contenedor/400 habitantes, la distancia media a los contenedores³ sería de unos 270 m, lo cual tiene asociada una calificación E (410,9 kg CO₂/habitante año, correspondiente a una tasa esperable de reciclaje del 18,5 %).

4.3. Calificación Global de Valdespartera

4.3.1. Comparación de resultados entre Valdespartera y la ciudad de Zaragoza

Con la suma de las emisiones individuales de los 11 indicadores se ha obtenido el valor de emisiones total correspondiente a la urbanización completa. Este valor resultante ha sido de 2.202,3 kg CO₂/habitante año al cual, según la Escala Global para urbanización (Apéndice D), le corresponde una calificación C:



Esta Calificación indica que el conjunto de urbanización presenta una situación de Sostenibilidad Ambiental muy por encima de los valores esperables para las nuevas urbanizaciones.

²Considerando una población de 674.317 habitantes para Zaragoza en 2009 según datos del Ayuntamiento

³Considerando una superficie de suelo urbano de 973,78 hectáreas para Zaragoza (OSE 2009)

Hay que destacar que las Escalas de Calificación diseñadas, tanto las individuales de los indicadores como la Global del conjunto de urbanización, son muy exigentes para la situación de planificación urbana actual, ya que han sido pensadas con vistas a futuro considerando que la calificación A es el óptimo a alcanzar (situación en la que prácticamente no se generan emisiones ya que todo se basa en uso de energías renovables y ahorro de recursos naturales al máximo), situación todavía lejana en el presente pero sin duda debe ser el punto de referencia hacia el que avanzar.

Por tanto, las calificaciones A, B o C de esta escala no serían alcanzadas por casi ninguna de las ciudades actuales, y seguramente la mayoría no llegaría a la letra E. Según esto, se puede decir que la calificación C obtenida en Valdespartera es un resultado realmente bueno y sobre todo si se compara con cualquier otra zona urbana.

Para corroborar esto, se ha aplicado el Sistema de indicadores también al área urbana de Zaragoza obteniendo una Calificación Global F (5.437,0 kg CO₂/habitante año).

En la Figura 4.12 se pueden ver los resultados de emisiones obtenidos para los 11 indicadores junto con la calificación correspondiente para Valdespartera y Zaragoza se muestran en el cuadro siguiente:

		VALDESPARTERA		ZARAGOZA	
		kg CO ₂ /habitante año	Calificación	kg CO ₂ /habitante año	Calificación
EDIFICIOS	1	147,0	D	563,7	G
	2	103,9	B	845,1	G
	3	47,2	E	85,8	G
	4	748,8	C	2080	F
	5	284,6	C	700	E
	6	41,1	D	68,4	E
ESPACIO VIARIO	7	736,3	E	650	E
	8	21,0	D	20,4	D
	9	20,9	D	10,4	E
	10	0,0	A	23,1	G
	11	93,3	A	410,9	E
		TOTAL = 2202,3	C	TOTAL = 5437,0	F




Figura 4.12: Cuadro comparativo de resultados entre Valdespartera y la ciudad de Zaragoza

A la vista de los resultados queda patente que el nivel de Sostenibilidad Ambiental de Valdespartera es muy superior al de la ciudad de Zaragoza, ya que esta urbanización tiene asociadas una cantidad de emisiones de CO₂ por habitante y año un 60 % inferior al del resto de la ciudad en la que se ubica.

En el gráfico de barras siguiente (Figura 4.13) se representan los valores de esta tabla mostrando los ahorros conseguidos en el ecobarrio para los distintos aspectos y la identificación de cuáles tienen más emisiones asociadas:

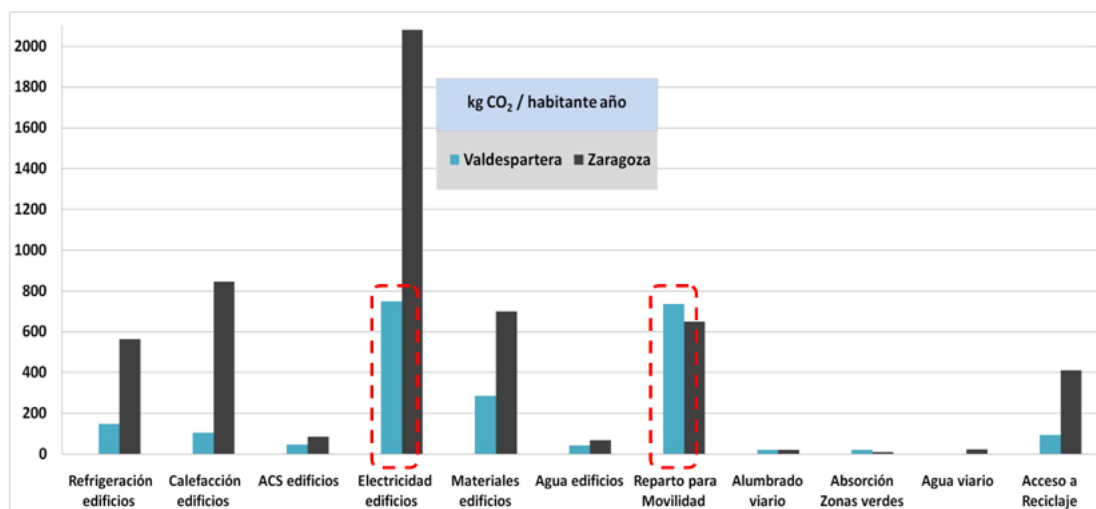


Figura 4.13: Emisiones asociadas a los distintos aspectos urbanos para el caso de Valdespartera y Zaragoza

Atendiendo al caso particular de Valdespartera, en la gráfica se identifica que los aspectos con mayor impacto en las emisiones totales de la urbanización son el consumo eléctrico en viviendas y la distribución del viario para movilidad.

Si este análisis se hubiera hecho durante la fase de diseño de la urbanización, en lugar de a posteriori, podrían haberse optimizado estos dos aspectos con el fin de reducir todavía más las emisiones asociadas a la urbanización. Precisamente ésta es la utilidad del Método de Evaluación planteado con este trabajo y el objetivo que se persigue con la futura introducción del Sistema de Indicadores a URSOS, lo cual permitirá optimizar las planificaciones urbanas en el momento adecuado, es decir, durante la fase de diseño.

Capítulo 5

Conclusiones y Trabajos futuros

Este Proyecto Fin de Carrera se plantea como una aportación a los modelos de valoración de la sostenibilidad ambiental en el interior de la ciudad. El Sistema de 11 Indicadores planteado, basado en atributos de planeamiento urbano sostenible, ha resultado interesante y perfectamente aplicable en urbanizaciones situadas en la ciudad de Zaragoza, permitiendo analizar el nivel de sostenibilidad de una urbanización en su conjunto y también de cada aspecto urbano por separado, pudiendo identificar así los puntos problemáticos, es decir, los aspectos que influyen más negativamente en el total de emisiones generadas

Hay que destacar la gran utilidad e importancia que tiene el realizar este tipo de evaluación en las urbanizaciones durante la fase inicial de diseño urbanístico, “evaluación predictiva”. La identificación de los aspectos potencialmente problemáticos puede ser más o menos intuitiva durante esta fase, pero la ventaja de la evaluación con el Sistema de Indicadores planteado en este trabajo, es que permite identificar los aspectos menos sostenibles proporcionando valores cuantitativos al respecto, y al cuantificar, permite optimizar el nivel de sostenibilidad a alcanzar en la futura urbanización en base a valores numéricos y no sólo por valoraciones subjetivas. Con todo, independientemente del esfuerzo por conseguir una evaluación cuantitativa en la línea de una mayor objetividad, se ha constatado que o por falta de suficiente información o por dificultad en la asignación de referencias límite a los conceptos que constituyen cada indicador, resulta casi imposible eliminar el subjetivismo aunque pueda reducirse significativamente respecto de otras escalas consideradas.

De cara a la realización de este Proyecto Fin de Carrera, uno de los puntos de mayor dificultad ha sido el diseñar el Sistema de Indicadores de forma que fueran por un lado precisos, coherentes y capaces de medir condiciones de sostenibilidad definidas para el planeamiento urbano, y a la vez que fuesen sencillos de calcular, que empleasen información fácil de conseguir y que no fuese un grupo demasiado numeroso de cara a su aplicabilidad en URSOS ¹.

Aunque sin duda, el punto más complicado del Proyecto ha sido la creación de las escalas de los distintos indicadores, fundamentalmente por falta de información base. Es importante destacar que en las experiencias que se han realizado hasta ahora con indicadores de sostenibilidad, no existe unanimidad en cuanto a métodos de cálculo y estándares, por lo que para este trabajo se ha intentado ser lo más rigurosa posible a la hora de tomar los propios valores de referencia (empleando exigencias recogidas en normativa o valores recomendados por entidades reconocidas) pero no ha sido posible en todos los casos.

Las líneas de futuro para este Método de Evaluación es que sea mejorado en cuanto a valores de

¹Un excesivo número de indicadores supone un elevado tiempo de recopilación de información para el cálculo y el posterior análisis, lo que hace perder funcionalidad al método

referencia para realizar las escalas, al igual que el desarrollo de “factores de corrección” para los indicadores, para que no sólo se evalúe la sostenibilidad ambiental por la cantidad de emisiones de CO₂, sino que también se tengan en cuenta otros aspectos como la biodiversidad, ciclo hidrológico, calidad de vida, etc. Sin duda, la presentación de resultados utilizando sólo la suma de los valores cuantitativos de emisiones supone un enfoque homogeneizador de los indicadores que puede dar una apariencia engañosa al resultado. Es por ello recomendable un enfoque “poliédrico” que permita una valoración desde distintos puntos de vista aunque como se ha señalado, la cuantificación permite un trabajo de optimización más coherente que la simple cualificación.

Por lo dicho, este Trabajo constituye la base inicial a partir de la cual continuar con un estudio de tesis, con vistas a desarrollar un instrumento estratégico para el desarrollo de ciudad bajo la perspectiva de urbanismo sostenible, como se pretende conseguir con URSOS, para ser empleada en evaluaciones predictivas de urbanizaciones nuevas o para rehabilitación de las ya existentes.

Apéndice A

El Cambio Climático

A.1. Causas del Cambio Climático : Gases de Efecto Invernadero (GEI)

El Efecto Invernadero es un fenómeno natural que permite la vida en la Tierra. Se produce gracias al efecto de una serie de gases presentes en la atmósfera de forma natural (H_2O vapor, CO_2 , CH_4 y N_2O) que hacen que parte del calor del Sol que devuelve la Tierra hacia el exterior quede atrapado en la atmósfera, manteniendo una temperatura media global de $+15^\circ\text{C}$, en lugar de los -18°C que se alcanzarían si estos gases no estuvieran. Sin embargo, hace más de 20 años la comunidad científica mundial empezó a alertar de que la Tierra se estaba calentando a un ritmo mayor del esperado. El clima siempre ha variado de forma natural pasando por períodos fríos y períodos cálidos cíclicamente, como muestran las Figuras A.1 y A.2, pero el problema del cambio del clima actual es que en el último siglo estas variaciones se ha acelerado demasiado, y no pueden ser exclusivamente atribuidas a causas naturales (los ciclos solares han contribuido en menos de un 10 % en las últimas décadas, además las erupciones volcánicas y otras influencias naturales sobre el clima han tenido un efecto de enfriamiento desde 1970, sin embargo lejos de bajar la temperatura ésta ha ido en aumento).

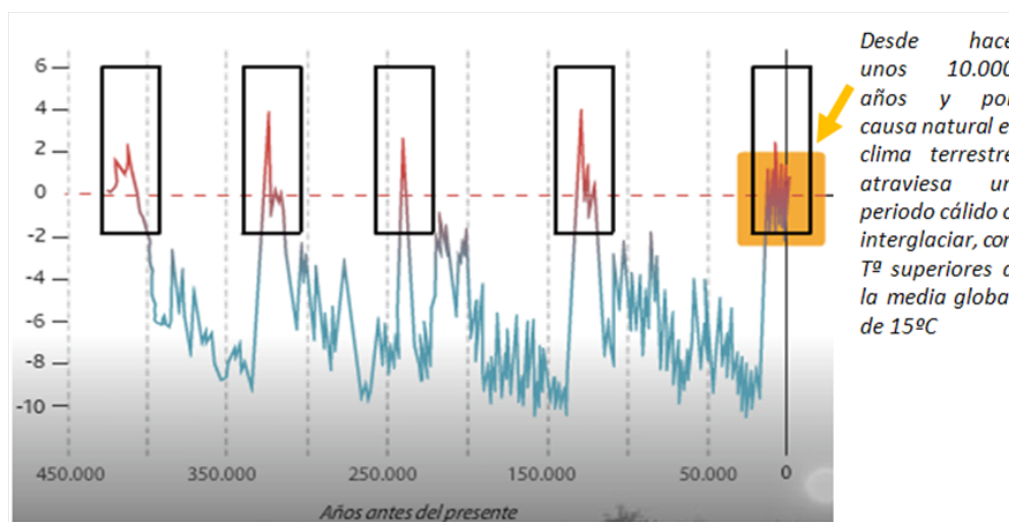


Figura A.1: Variaciones naturales del clima a lo largo del tiempo. Fuente: [2]

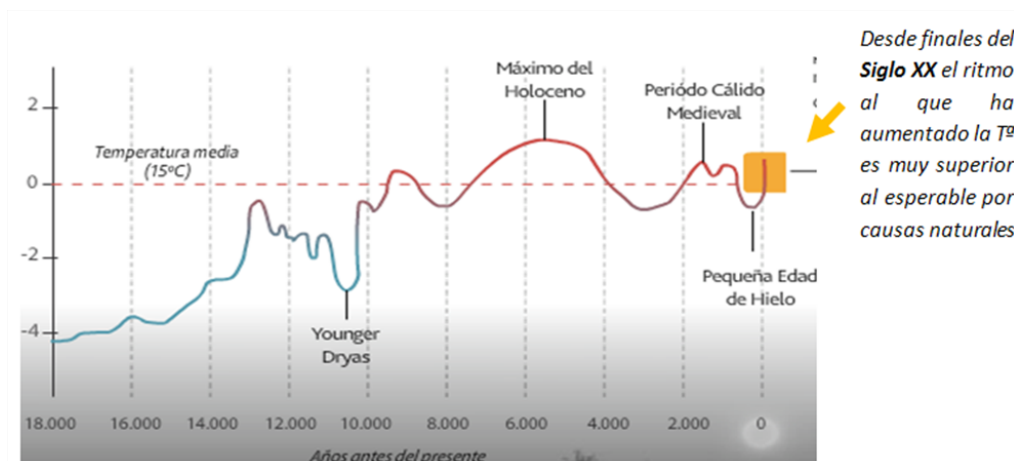


Figura A.2: Aumento rápido de la temperatura en el periodo actual. Fuente: [2]

Según la IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático) grupo formado en 1988 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente mundial, la principal causa del rápido aumento de la temperatura media global del planeta son las emisiones de gases de invernadero procedentes de la actividad humana.

Desde la revolución industrial no solo ha aumentado la concentración de CO_2 , CH_4 y N_2O , presentes en la atmósfera ya de forma natural, sino que se han emitido otros gases de efecto invernadero más potente y de origen exclusivamente antropogénico (compuestos fluorados: hexafluoruro de azufre (SF_6), los hidrofluorocarbonos (HFCs), y los perfluorocarbonos (PFCs)). El exceso de estos gases en la atmósfera ha hecho que el Efecto Invernadero pase de ser un proceso natural fundamental para la vida a un fenómeno que sobrecalienta el Planeta.

Desde 1750 la temperatura ha aumentado como media unos $0,74^\circ\text{C}$ y la concentración de CO_2 es en la actualidad casi un 40 % superior a la época preindustrial [2]. Como se muestra en la Figura A.3 hasta 1750 la concentración de CO_2 en la atmósfera era de unos 280 ppm, sin embargo en 2008 se registró un valor de 387 ppm, la mayor concentración de CO_2 en la atmósfera desde hace 650.000 años.

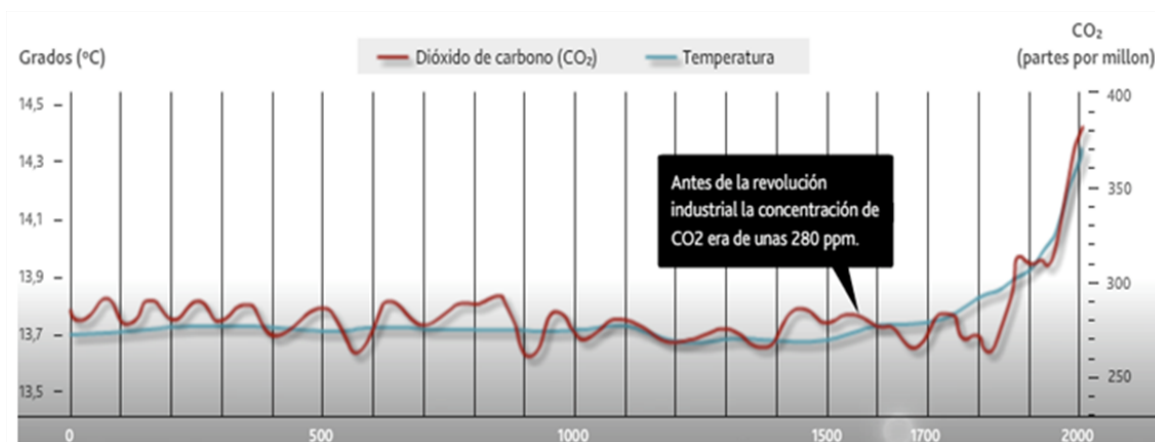


Figura A.3: Variación de la T^a y la concentración de CO_2 en el Hemisferio Norte. Fuente: [2]

A.2. Efectos del Cambio Climático a nivel global

El Cambio Climático es algo patente y tiene una velocidad mayor a la prevista. La gravedad de sus efectos (Figura A.4 y A.5) dependerá de las actuaciones y estrategias que desde ahora se tomen para controlar y disminuir las emisiones de gases de invernadero.

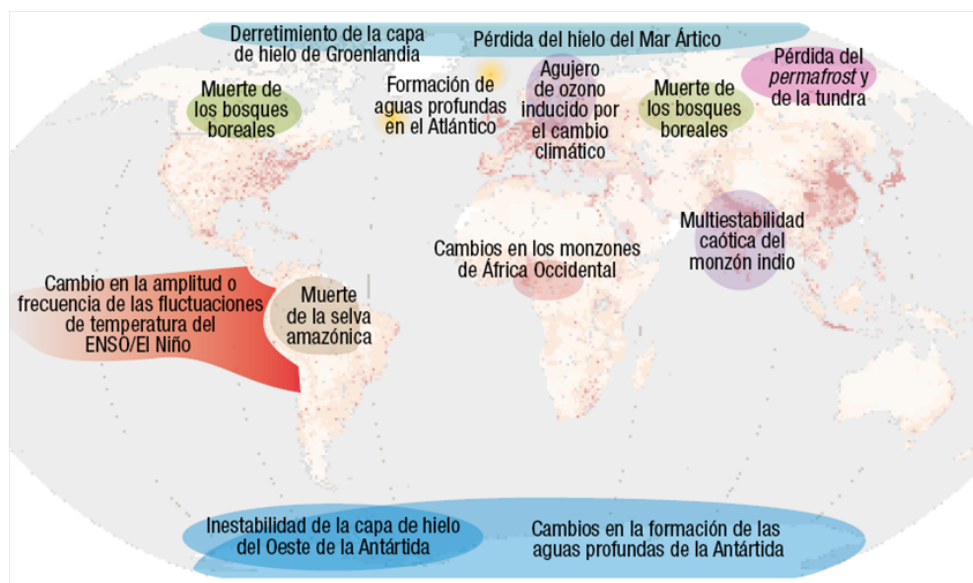


Figura A.4: Consecuencias del cambio en el clima Fuente: National Academy of Sciences

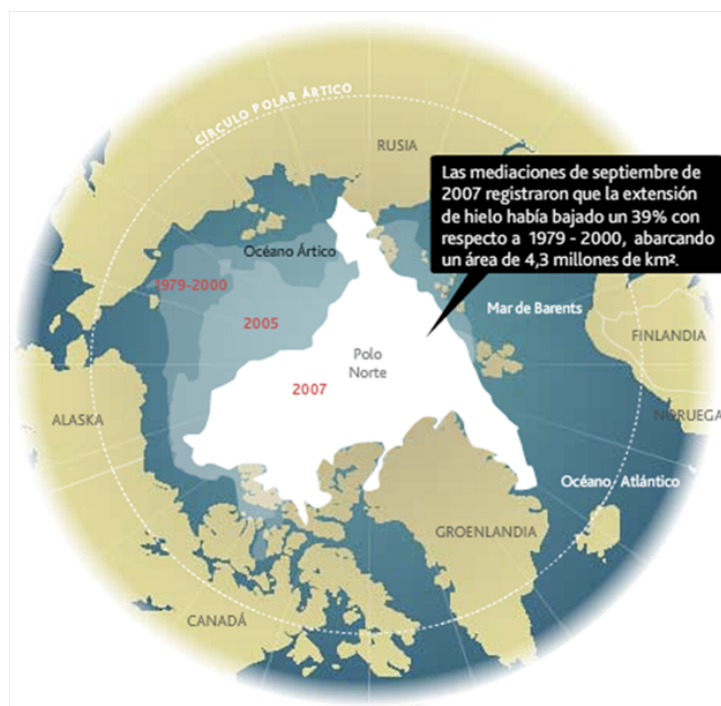


Figura A.5: Avance del deshielo en el Polo Norte entre 1979-2007 debido al aumento de las temperaturas medias árticas. Fuente: [2]

La comunidad científica advierte que es crucial no superar en este siglo el umbral de aumento de temperatura global de 2°C respecto a los niveles anteriores a la industrialización, ya que de no ser así sería la mayor variación experimentada en el planeta desde que existe el ser humano.

Para no sobrepasar el peligroso umbral de los 2°C, la concentración de CO₂ en la atmósfera deberá permanecer por debajo de 400 ppm, lo cual implica que en el intervalo 2000-2050 no se deberán superar los 1.000 millones de toneladas de CO₂ emitidas a nivel mundial. En la Figura A.6 se representa la tendencia de las emisiones totales de CO₂ para dos escenarios de futuro distintos: con línea roja se muestra el crecimiento exponencial que experimentarán las emisiones si no se toman medidas de control al respecto y la línea azul representa la tendencia de las emisiones si se mantienen por debajo del límite de 1.000 millones de toneladas hasta 2050.

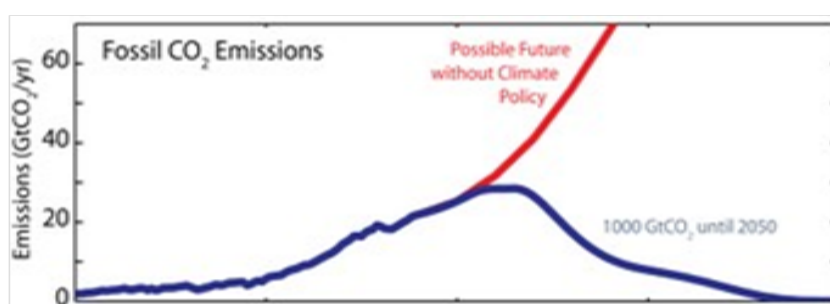


Figura A.6: Tendencia de las emisiones de CO₂ en función de las actuaciones en los próximos años.
Fuente: [2]

En la Figura A.7 se plantean los dos mismos escenarios de futuro que en la Figura A.6, pero en este caso lo que se representa es la variación de la temperatura media terrestre respecto al valor que presentaba en la época preindustrial.

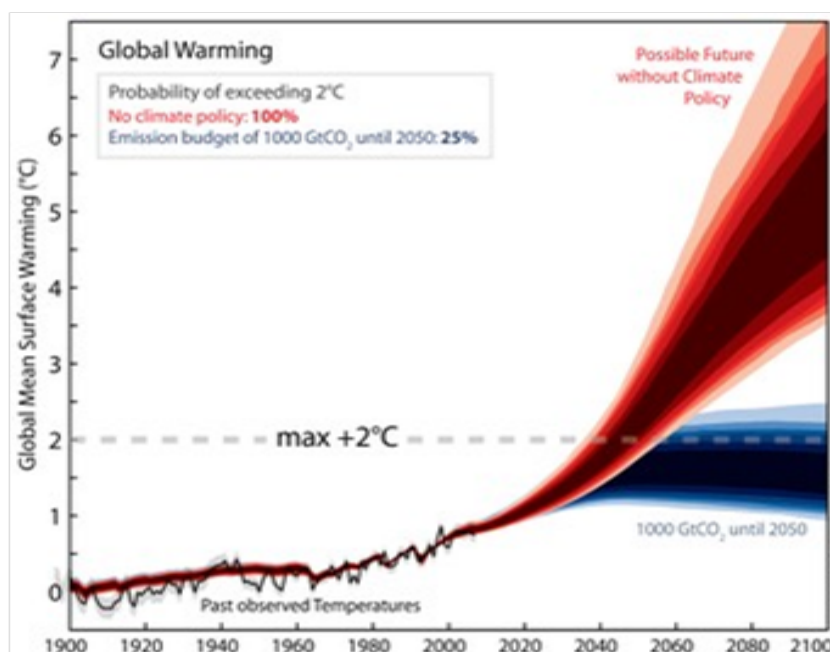


Figura A.7: Tendencia del Calentamiento Global en función de las emisiones de los próximos años
 Fuente: [2]

El frenar el Cambio Climático constituye uno de los principales retos medioambientales con los que se enfrenta la comunidad internacional. No es nada fácil conseguir que la situación real se ajuste a la tendencia de la línea azul (Figuras A.6 y A.7), ya que tan solo entre 2000 y 2009 ya se emitieron más de 300 millones de toneladas, y en la actualidad el valor de emisiones ronda los 30 millones de toneladas por año. Para cumplir con el objetivo de no superar los 1000 millones de toneladas emitidas, según la IPPC, es necesario que los países desarrollados reduzcan sus emisiones entre el 25-40 % para 2020, y el 80 % para 2050, respecto a los valores de 1990. Por tanto cada tonelada de CO₂ que se emite empeora la situación, es necesario adoptar políticas estrictas y actuar de todas las formas posibles para cumplir el objetivo de 2050: mejorar la eficiencia energética, investigar sobre técnicas de captura de CO₂ y fomentar el uso de energías limpias, entre otras.

A.3. Acuerdos internacionales para combatir el Cambio Climático

La primera vez que en el ámbito internacional se fijaron unos objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, fue en el conocido acuerdo de Kioto sobre el Cambio Climático celebrado en 1997. Los países involucrados en este tratado acordaron reducir su porcentaje de emisiones de los 6 gases de efecto invernadero ¹ en al menos un 5 % respecto a los valores de 1990, dentro del periodo comprendido entre 2008 y 2012.

La Unión Europea, como agente especialmente activo en la concreción del Protocolo, se comprometió a reducir sus emisiones totales medias durante el periodo 2008-2012 en un 8 % respecto de las de 1990. No obstante, a cada país se le otorgó un margen distinto en función de diversas variables económicas y medioambientales según el principio de "reparto de la carga", de manera que dicho reparto se acordó de la siguiente manera: Alemania (-21 %), Austria (-13 %), Bélgica (-7,5 %), Dinamarca

¹CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, HFCs y PFCs

(-21 %), Italia (-6,5 %), Luxemburgo (-28 %), Países Bajos (-6 %), Reino Unido (-12,5 %), Finlandia (-2,6 %), Francia (-1,9 %), España (+15 %), Grecia (+25 %), Irlanda (+13 %), Portugal (+27 %) y Suecia (+4 %).

En 2007, con la finalidad de conseguir reducir el nivel de emisiones pactado en Kioto, los 27 países miembros de la Unión Europea aprobaron en Bruselas aumentar el uso de energías renovables hasta el 20 % para el año 2020, teniendo en cuenta las especificidades de cada país para su cumplimiento. También en dicha reunión, el Consejo de los Jefes de Estado o de Gobierno de la Unión Europea asumió el compromiso de hacer lo necesario (sin carácter vinculante) para que, en 2020, las emisiones de gases de invernadero se lograsen situar en un 20 % por debajo de las de 1990, actuando sobre el transporte y la vivienda.

En diciembre de 2009 se celebró en Copenhague la Conferencia de las Partes sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (COP15) para negociar un nuevo tratado global sobre el cambio climático, que sustituyera al actual Protocolo de Kioto, que finaliza en 2012. Sin embargo, esta reunión fue un fracaso porque no se redactó ningún protocolo sino que sólo se llegó a acuerdos no vinculantes, retrasando el tratado a la COP 16 de Cancún (México 2010).

Analizando el caso de España (Figura A.8), a pesar de que desde 2007 se ha logrado reducir las emisiones de gases de efecto invernadero desde un 151 % a un 128,5 % respecto al valor de 1990 gracias a las medidas tomadas por el gobierno en temas de eficiencia energética y fomento de energías renovables, aun se está muy lejos del valor de 115 % que debe cumplir para 2012 según lo hablado en Kioto, y mucho más de los datos advertidos por los científicos del IPCC para poder mantener el calentamiento del planeta en unos niveles controlables.

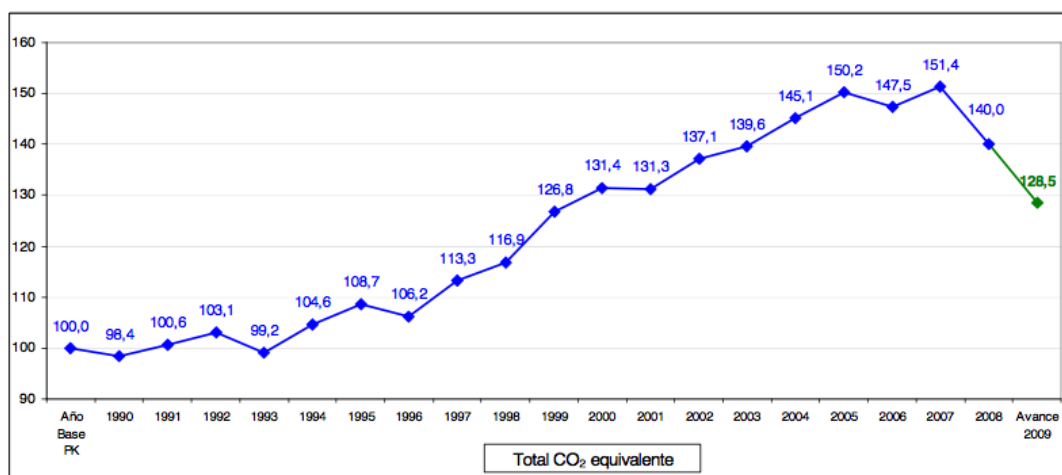


Figura A.8: Evolución del % de emisiones de GEI sobre el año base marcado en Kioto (100 %) Fuente: Inventario Español de Gases de Efecto Invernadero. Ministerio de Medio Ambiente

Apéndice B

La iniciativa CONCERTO

B.1. CONCERTO

CONCERTO es una iniciativa de alcance europeo dentro del Programa Marco de Investigación Científica supervisado por la Dirección General de Energía y Transportes de la Comisión Europea. Surge de la necesidad de reducir las emisiones de CO₂ y de aumentar el porcentaje de energía procedente de fuentes renovables para cumplir con los objetivos fijados para 2020 y asegurar un suministro energético sostenible en el futuro. Consiste en la cofinanciación de iniciativas desarrolladas por comunidades locales de Europa enfocadas a la eficiencia energética, sistemas de integración de energías renovables, tecnologías innovadoras, desarrollo sostenible y calidad de vida en las ciudades.

Actualmente la iniciativa CONCERTO abarca 27 comunidades locales de 12 países miembros, que juntos realizan 9 proyectos especializados en aspectos distintos pero todos con el objetivo común de alcanzar el nivel más alto posible de autosuficiencia energética. (Figura B.1)

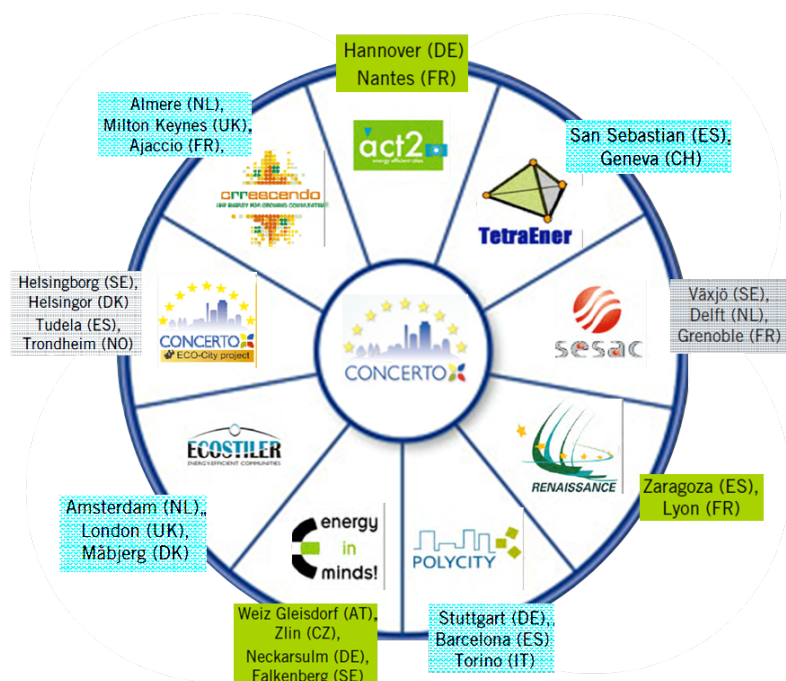


Figura B.1: Proyectos incluidos en la iniciativa CONCERTO y las comunidades locales que los desarrollan. Fuente: Elaboración propia

Las actividades desarrolladas en los 9 proyectos CONCERTO son las siguientes:

- Eco-edificios que integran energías renovables con un diseño y gestión orientados hacia la eficiencia energética
- Múltiples formas de generación de energía, Combinación de calor y electricidad, Calefacción local (en el mejor de los casos utilizando biomasa), etc.
- Investigación sobre aspectos técnicos de las energías renovables:
 - Gestión inteligente de la demanda
 - Redes locales de distribución
 - Repartición de la producción
 - Almacenamiento efectivo de la energía
- Investigación socio-económica de la eficiencia energética para analizar tendencias locales:
 - El coste de la energía y el ahorro
 - El impacto social
 - La calidad y el valor añadido de los servicios energéticos

La misión de CONCERTO es servir de plataforma para el intercambio de experiencias obtenidas en los proyectos participantes y transferir conocimientos a otras ciudades dispuestas a introducir estrategias similares. Además, de los resultados y conclusiones obtenidos de los proyectos se podrán establecer estándares, que llevarán a recomendaciones en las políticas actuales y finalmente a una regulación a nivel europeo.

B.2. Proyecto RENAISSANCE

Uno de los 9 proyectos que engloban CONCERTO es RENAISSANCE. Este proyecto se desarrolla en dos comunidades locales, Zaragoza y Lyon (Francia). Las actuaciones realizadas en ambos lugares tienen el objetivo de comprobar los ahorros energéticos alcanzados tanto en desarrollos urbanísticos nuevos como en áreas urbanas rehabilitadas mediante uso de soluciones constructivas y energéticas sostenibles.

Las actuaciones contempladas en RENAISSANCE para el caso de Zaragoza son 2:

- Ecociudad Valdespartera: construcción de un ecobarrio bajo criterios de urbanismo sostenible, con edificios bioclimáticos e incorporando energías renovables (Figura B.2)



Figura B.2: Ecociudad Valdespartera

- Barrio de Picarral: Rehabilitación de edificios de los años 50 incorporando parámetros de sostenibilidad energética y climática (Figura B.3)



Figura B.3: Picarral antes y lo que se espera después de realizar los trabajos de rehabilitación

Los resultados obtenidos de estas experiencias servirán como punto de partida para promover su implantación en el resto de ciudades europeas y asegurar que las necesidades de energía de las ciudades se cubran de una manera sostenible.

Apéndice C

URSOS

C.1. La herramienta informática URSOS

URSOS (URbanismo SOstenible) es una aplicación informática para el diseño de urbanizaciones con criterios de sostenibilidad y una herramienta de análisis energético de edificios mediante métodos de cálculo estáticos. Surge de la necesidad de evaluar de manera global el comportamiento energético de una urbanización, dado que los programas informáticos existentes se limitan al análisis de edificios individualmente.

Este programa simula el comportamiento térmico de los edificios que componen una urbanización. Para ello se deben definir los distintos elementos que componen dicha urbanización:

- Zona geográfica en el que se ubica la urbanización (que influye en las trayectorias solares a lo largo del año y en la radiación recibida)
- Datos climáticos correspondientes a esa zona geográfica (temperatura, viento, humedad, etc)
- Definición gráfica del perímetro de área urbana, viales, parcelas y edificios (Figuras C.1 y C.2)

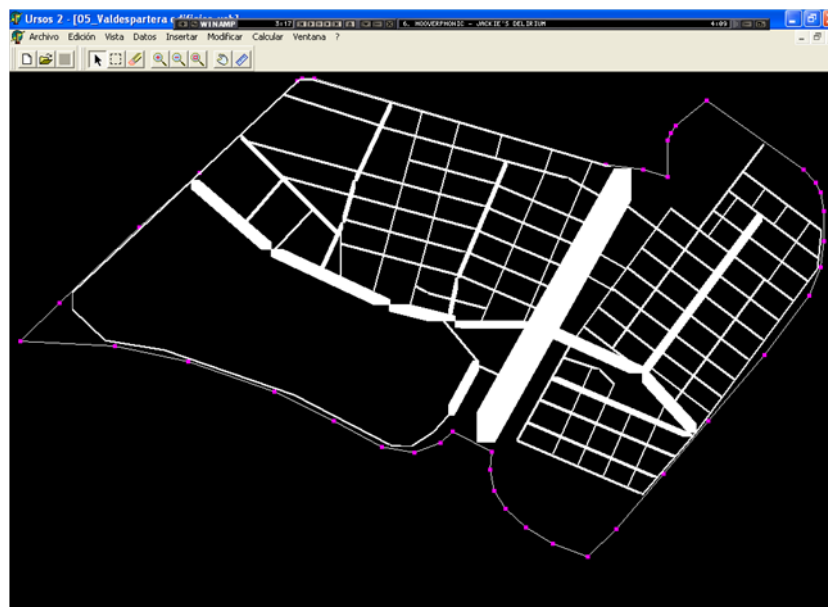


Figura C.1: Definición del perímetro de un área urbana, con el trazado de viales y parcelas

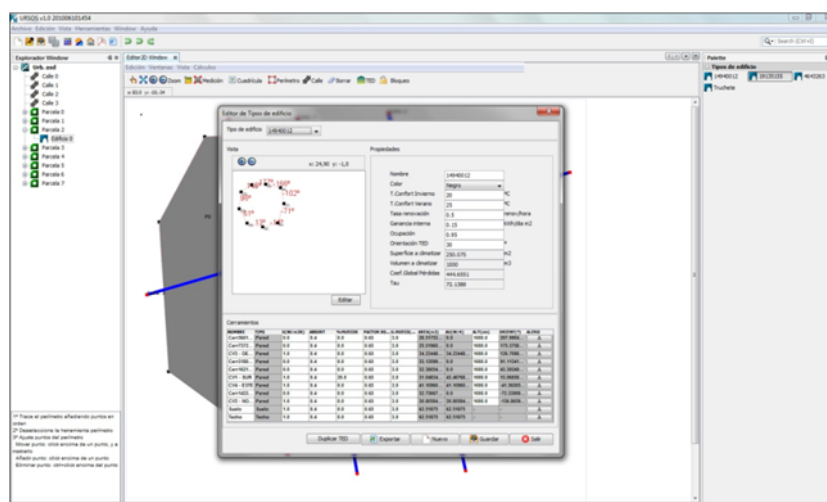


Figura C.2: Definición de la forma y características de los cerramientos de un edificio

Además, para cada edificio se deberán definir todos los cerramientos exteriores, en cuanto a valores de superficies como los niveles de aislamiento (coeficientes de transmisión térmica), incluyendo aquellos que por sus características permitan una cierta ganancia solar (ventanas, galerías acristaladas, etc.) Los cálculos energéticos que realiza este programa están comprobados a través de herramientas de alta precisión, como tsb3, del Danish Building Research Institute.

Los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas se agrupan en la siguiente lista:

- Demandas energéticas de los distintos edificios de forma individual, tanto en lo que se refiere a calefacción como a refrigeración
- Demanda energética total de la urbanización de refrigeración y calefacción (Figura C.3)
- Información sobre superficies de parcelas y la edificabilidad
- Cálculos detallados de sombras para cualquier cerramiento y hora del año
- Salidas gráficas de las magnitudes anteriores

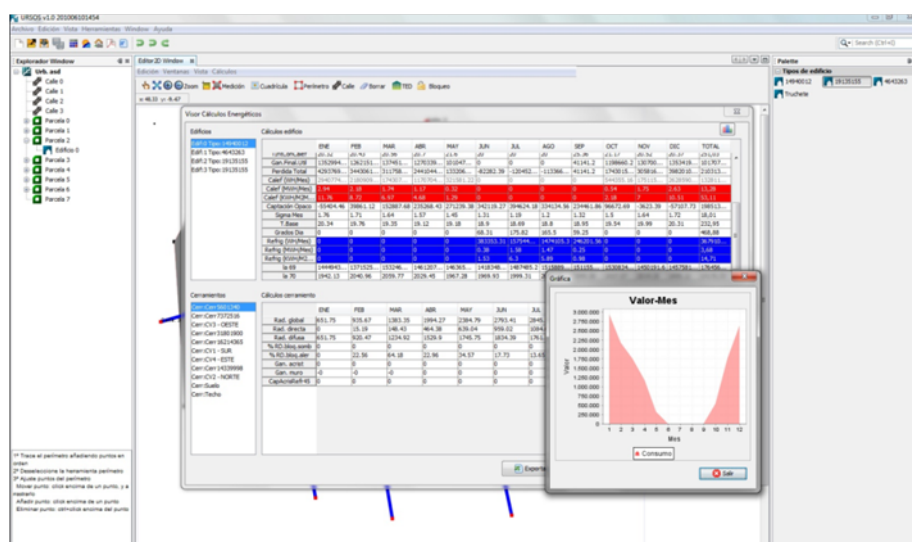


Figura C.3: Resultados de demandas de energía de calefacción y refrigeración de una urbanización

La primera versión del programa se creó a raíz de un convenio entre el GEE y el IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía). Sin embargo, en los últimos meses esta versión se ha mejorado mucho tras pasarla a un lenguaje de programación más potente, dinámico y actualizable. Además, gracias al proyecto RENAISSANCE se van a ampliar las funcionalidades del programa, incorporando parte de las lecciones aprendidas en el marco de este proyecto. Un ejemplo es que se va a implementar un método para calificar la sostenibilidad ambiental de las urbanizaciones, objeto de este proyecto, incluyendo tanto la parte energética que ya realiza el programa como otros factores influyentes en las emisiones de CO₂, como el consumo de agua potable, movilidad, etc.

Apéndice D

Definición de Indicadores y Cálculo de Escalas de Calificación

D.1. Diseño de Indicadores y Escalas

1 DEMANDA DE ENERGÍA PARA REFRIGERACIÓN

Significado del indicador:

Este indicador expresa la cantidad anual de emisiones asociada a la demanda de energía necesaria para satisfacer las necesidades de refrigeración del conjunto de edificios que configuran la zona urbana analizada.

Unidades de medida:

kWh/m² año

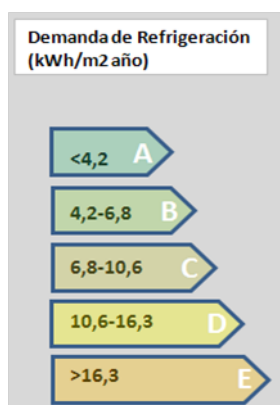
Utilidad:

Se evalúa la calidad del diseño bioclimático de los edificios para las condiciones de verano (demanda anual de refrigeración como consecuencia del diseño, orientación y nivel de aislamiento). En función del valor obtenido se le otorga una calificación de acuerdo a una escala.

Obtención del valor de referencia para construir la Escala:

16,3 kWh/m²año

Esta demanda de refrigeración se ha obtenido del programa oficial LIDER para el clima de Zaragoza, correspondiente a edificios con calidad constructiva derivada del cumplimiento estricto de los requisitos mínimos del HE1 del CTE, cuya calificación es la E (ver Figura siguiente)



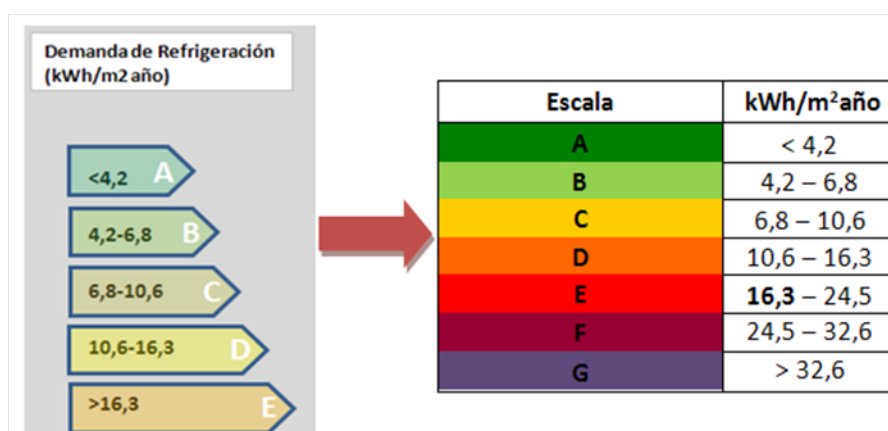
Escala de Calificación para demanda de refrigeración en edificios ubicados en la zona climática de Zaragoza en unidades de kWh/m²año. Fuente: IDAE

Valor deseable:<4,2 kWh/m²año

Esta demanda corresponde a edificios con calificación A, que presenta altas calidades constructivas, muy superiores a las exigidas por el CTE. (ver Figura anterior)

Obtención de la Escala de Calificación en (kg CO₂/habitante año):

Para realizar la escala de este indicador, se ha partido de la etiqueta energética realizada por el IDAE para edificios presentes en la zona climática de Zaragoza, pero se le han añadido 2 calificaciones más (F y G) para que este indicador sea aplicable a zonas urbanas de cierta antigüedad, ya que en estas zonas ningún edificio cumple los requisitos del CTE y por tanto es de esperar que sus calificaciones estén por debajo de la letra E. En la Figura siguiente se muestra la nueva etiqueta obtenida a partir de la del IDAE.



Escala de Calificación de la A a la G, para la demanda de refrigeración para la zona climática de Zaragoza obtenida a partir de la del IDAE.

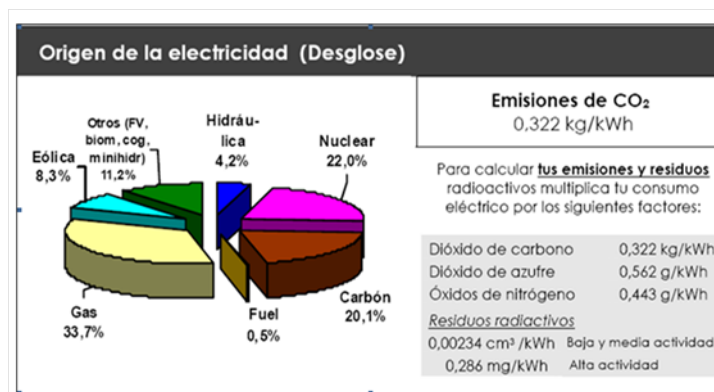
Conversión a datos de emisiones:

Una vez obtenida la escala de la A-G en unidades de kWh/m²año la obtención de la escala en datos de emisiones de CO₂ se realiza mediante factores de conversión:

0,32 kg CO₂/kWh eléctricos. Fuente: Observatorio de la Electricidad WWF (2008)

33,3 m²/habitante. Fuente: INE (1991-2000)


El coeficiente de conversión utilizado para pasar de energía eléctrica a emisiones de CO₂ se han tomado del Observatorio de la Electricidad WWF 2008:



En relación al número de ocupantes por vivienda se ha considerado una tasa constante de 1 ocupante por cada 33,3 m², correspondiente al valor medio de ocupación del Censo de Edificación 1991-2000 del INE.

A partir de estos datos ya se puede obtener la escala definitiva, como se muestra a continuación:

kWh/m²año x 0,32 kg CO₂/kWh eléctrico x 33,3 m²/habitante = kg CO₂/habitante año



Escala	kWh/m ² año	kg CO ₂ /habitante año
A	< 4,2	< 45
B	4,2 – 6,8	45 - 72,9
C	6,8 – 10,6	72,9 - 113,7
D	10,6 – 16,3	113,7 - 174,8
E	16,3 – 24,5	174,8 - 262,2
F	24,5 – 32,6	262,2 - 349,6
G	> 32,6	> 349,6

2 DEMANDA DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN

Significado

Este indicador expresa la cantidad anual de energía necesaria para satisfacer las necesidades de calefacción del conjunto de edificios que configuran la zona urbana analizada

Unidades de medida:

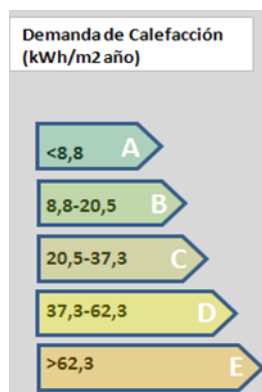
kWh/m²año

Utilidad:

Se evalúa la calidad del diseño bioclimático de los edificios para las condiciones de invierno (demanda anual de calefacción como consecuencia del diseño, orientación y nivel de aislamiento). En función del valor obtenido se le otorga una calificación de acuerdo a una escala.

Obtención del valor de referencia para construir la Escala:

62,3 kWh/m²año Esta demanda de calefacción se ha obtenido del programa LIDER, para el clima de Zaragoza, correspondiente a edificios con calidad constructiva derivada del cumplimiento estricto de los requisitos mínimos del HE1 del CTE, cuya calificación es la E (Figura)



Escala de Calificación para demanda de calefacción en edificios ubicados en la Zona climática de Zaragoza en unidades de kWh/m²año. Fuente: IDAE

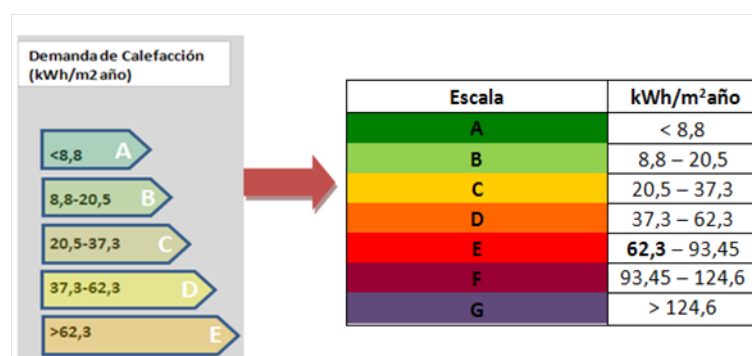
Valor deseable:

<8,8 kWh/m²año

Esta demanda corresponde a edificios con calificación A, que presenta altas calidades constructivas, muy superiores a las exigidas por el CTE (Figura anterior)

Obtención de la Escala de Calificación en unidades de (kg CO₂/habitante año):

Para realizar la escala de este indicador, se ha partido de la etiqueta energética realizada por el IDAE para edificios presentes en la zona climática de Zaragoza, pero a la que se le han añadido 2 calificaciones más (F y G) para que este indicador sea aplicable a zonas urbanas de cierta antigüedad (como en el caso del indicador 1). La Figura siguiente muestra la nueva etiqueta obtenida a partir de la del IDAE.

**Conversión a datos de emisiones:**

Una vez obtenida la escala de la A-G en unidades de kWh/m² año la obtención de la escala en datos de emisiones de CO₂ se realiza mediante factores de conversión:

0,20 kg CO₂/kWh con gas natural. Fuente: PER 2005-2010

33,3 m²/habitante. Fuente: INE (1991-2000)

El coeficiente de conversión utilizado para pasar de energía térmica con gas natural a emisiones de CO₂ se ha tomado del Plan de Energías Renovables en España 2005-2010.

En relación al número de ocupantes por vivienda se ha considerado una tasa constante de 1 ocupante cada 33,3 m², que se corresponde con el valor medio de ocupación del Censo de Edificación 1991-2000 del INE.

A partir de estos datos ya se puede obtener la escala definitiva, como se muestra a continuación:

kWh/m² año x 0,20 kg CO₂/kWh con gas natural x 33,3 m²/habitante = kg CO₂/habitante año

Escala	kWh/m² año	kg CO ₂ /habitante año
A	< 8,8	< 58,6
B	8,8 – 20,5	58,6 - 136,5
C	20,5 – 37,3	136,5 - 248,4
D	37,3 – 62,3	248,4 - 414,9
E	62,3 – 93,45	414,9 - 622,4
F	93,45 – 124,6	622,4 - 829,8
G	> 124,6	> 829,8

3 DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) NO CUBIERTA CON ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Significado del indicador:

Este indicador expresa la cantidad anual de energía necesaria para satisfacer las necesidades de consumo de ACS del conjunto de edificios que configuran la zona urbana analizada descontando la demanda satisfecha con energía solar térmica

Unidades de medida:

kWh/m²año

Utilidad:

Se evalúa el grado de cobertura de ACS con energías renovables (sistemas de solar térmica instalados en los edificios). Compara el valor de cobertura de la urbanización con el valor que debe cumplirse según el CTE, y en función de la diferencia entre ambos valores se le otorga una calificación.

Obtención del valor de referencia para construir la Escala:

El valor de referencia se ha calculado de acuerdo con las especificaciones de la sección HE4 del CTE sobre porcentaje de demanda cubierta mediante energía solar térmica y utilizando los caudales por ocupante y temperaturas de alimentación del agua fría indicadas en el citado documento de la siguiente forma:

$$D = 365 \cdot \rho \cdot C_p \cdot Q_{ACS}(T_{ref}) \cdot (T_{ref} - T_{af})/3600$$

donde:

D = demanda anual de energía para ACS (kWh/año)

ρ = densidad del agua(kg/litro), se toma el valor 1 kg/litro

C_p = calor específico del agua (kJ/kgK), se toma el valor 4,18 kJ/kgK

T_{ref} = T^º de referencia (ºC) se toma por defecto el valor de 60ºC

T_{af} = T^º media anual de agua fría de red (ºC), se calcula como la media ponderada de las T^º diarias medias mensuales de agua fría, tal y como aparecen recogidas en la Norma UNE-EN 94 002:2005. Para el caso de Zaragoza se toma un valor de 14ºC

$Q_{ACS}(T_{ref})$ = Consumo de ACS a la T de referencia (litros/m² año), obtenidos a partir del CTE-HE4. Para el caso de Zaragoza este valor marcado es de 22 Litros/habitante día.

Mediante este cálculo, se obtiene una demanda total para Zaragoza de 428,9 kWh/habitante año. El CTE (en la Tabla 2.1. del HE4 [24]) establece, para la zona climática de Zaragoza, la obligación de que al menos el 60 % de la demanda total esté abastecida por energía solar térmica para calderas de gas natural. Por tanto el consumo de energía con gas natural máximo permitido será el 40 % de 428,9 kWh/habitante año., es decir, 171,6 kWh/habitante año.

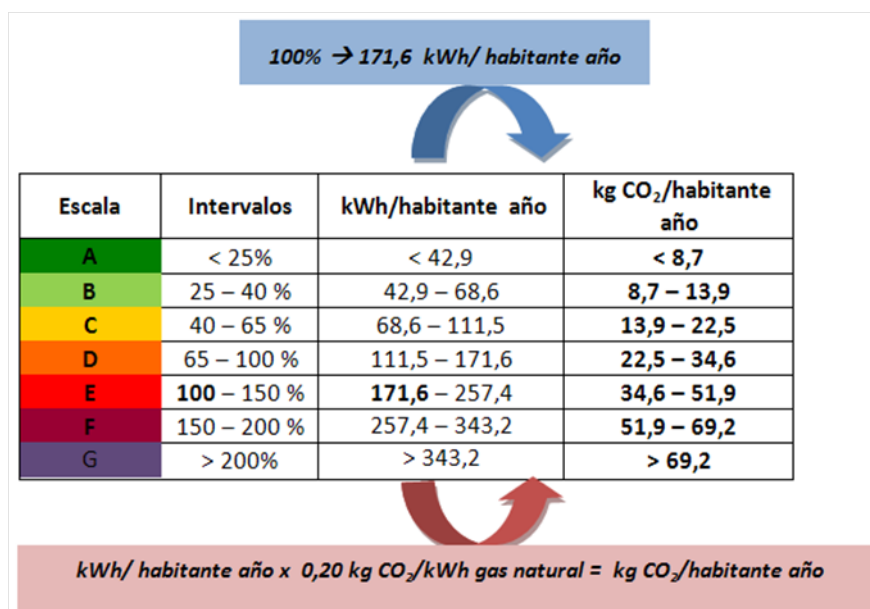
Valor deseable:

<1,3 kWh/m²año

Este valor corresponde a coberturas de la demanda total (12,9 kWh/m²) con energía solar térmica superiores al 90 %, correspondiente a una calificación A.

Obtención de la Escala de Calificación en unidades de (kg CO₂/habitante año):

Para realizar la escala de este indicador, se ha partido del valor límite, marcado por el CTE, de demanda de ACS calculado para Zaragoza , 171,6 kWh/habitante año, y a este valor se le ha asignado el 100 % y la calificación E, y a partir de ahí se ha realizado el resto de la escala, por relación lineal, como se muestra a continuación:



Escala	Intervalos	kWh/habitante año	kg CO ₂ /habitante año
A	< 25 %	< 42,9	< 8,7
B	25 – 40 %	42,9 – 68,6	8,7 – 13,9
C	40 – 65 %	68,6 – 111,5	13,9 – 22,5
D	65 – 100 %	111,5 – 171,6	22,5 – 34,6
E	100 – 150 %	171,6 – 257,4	34,6 – 51,9
F	150 – 200 %	257,4 – 343,2	51,9 – 69,2
G	> 200 %	> 343,2	> 69,2

$\text{kWh/habitante año} \times 0,20 \text{ kg CO}_2/\text{kWh gas natural} = \text{kg CO}_2/\text{habitante año}$

Una vez obtenida la escala de la A-G en unidades de kWh/m²año la obtención de la escala en datos de emisiones de CO₂ se realiza mediante factores de conversión:

0,20 kg CO₂/kWh con gas natural. Fuente: PER 2005-2010

33,3 m²/habitante. Fuente: INE (1991-2000)

4 DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA**Significado del indicador:**

Este indicador expresa la cantidad anual de energía necesaria para satisfacer las necesidades de electricidad del conjunto de edificios que configuran la zona urbana analizada.

Unidades de medida:

kWh/habitante año

Utilidad:

Se evalúa la eficiencia de los sistemas de iluminación de los edificios, uso de energías renovables (placas fotovoltaicas instaladas en los edificios), etc. Evalúa el valor de demanda de electricidad del conjunto de edificios frente al valor medio de demanda habitual en España y en función de la diferencia la califica de acuerdo a la escala.

Obtención del valor de referencia para construir la Escala:

La normativa actual (CTE) no exige cobertura mínima con sistemas fotovoltaicos para edificios de viviendas, solo para el sector terciario (centros comerciales, edificios de oficinas, hoteles, etc.). Luego a la hora de tomar un valor de referencia se ha partido del valor medio de consumo eléctrico residencial para España, proporcionado por el Informe del Observatorio de Sostenibilidad Española (OSE) para el 2009, que es 3.900 kWh/habitante año

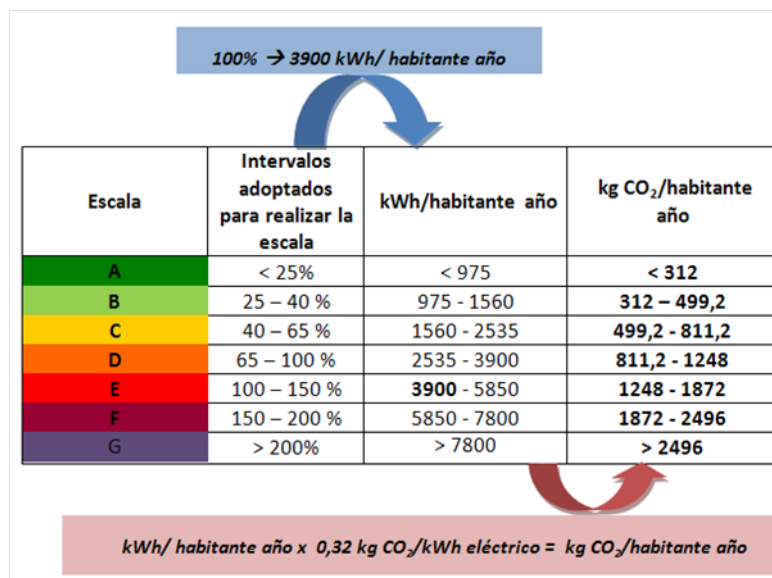
Valor deseable:

$< 975 \text{ kWh/m}^2\text{año}$

Esta demanda corresponde a una cobertura del 75 % o superior de la demanda de electricidad de referencia (3.900 kWh/habitante año) con energía fotovoltaica.

Obtención de la Escala de Calificación en unidades de (kg CO₂/habitante año):

Para realizar la escala de este indicador, se ha partido del valor de referencia de demanda eléctrica de 3.900 kWh/habitante año y a este valor se le ha asignado el 100 % y la calificación E, y a partir de ahí se ha realizado el resto de la escala como se muestra a continuación:



Una vez obtenida la escala de la A-G en unidades de kWh/m²año la obtención de la escala en datos de emisiones de CO₂ se realiza mediante factores de conversión:

0,32 kg CO₂/kWh eléctrico. Fuente: Observatorio de la Electricidad WWF (2008)

5 EMISIONES ASOCIADAS A LOS MATERIALES CONSTRUCTIVOS**Significado del indicador:**

Este indicador expresa la cantidad de emisiones generadas para producir los materiales constructivos empleados en la estructura del conjunto de edificios que configuran la zona urbana analizada.

Unidades de medida:

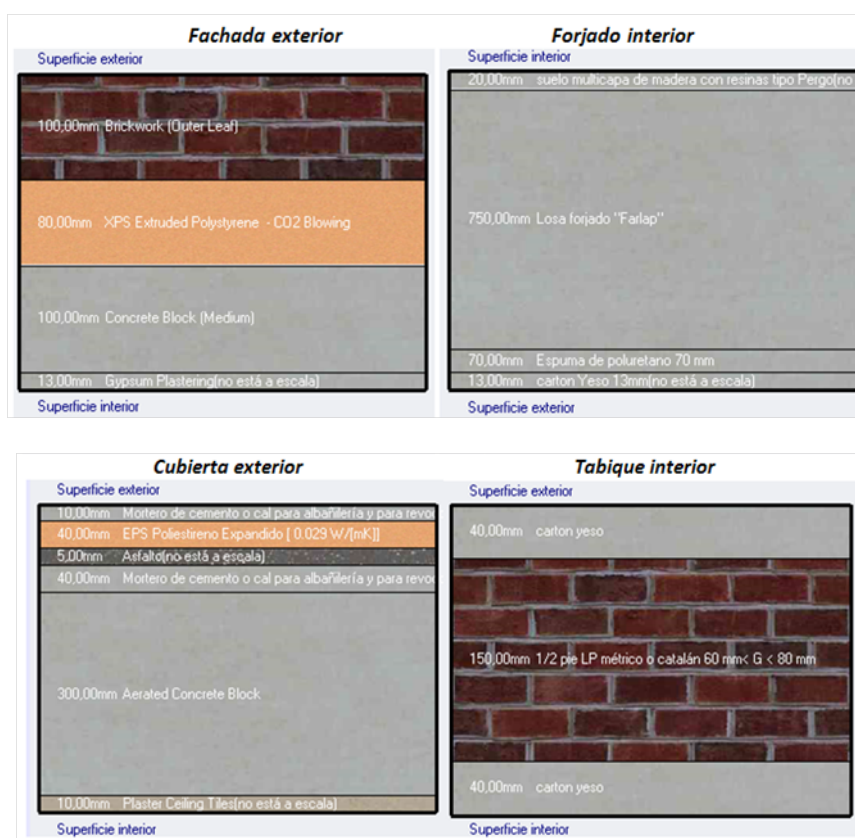
kg CO₂/m² de vivienda

Utilidad:

Se evalúa el coste ambiental asociado a la fabricación de los materiales empleados en los edificios. Para la construcción de la estructura del edificio se consumen grandes cantidades de diversos materiales (hormigón, acero, vidrio, aluminio, cobre, aislantes artificiales, plásticos, etc.). Por esto, es importante poder valorar y regular el uso de materiales de bajo coste energético y ambiental, ya que los materiales constructivos suele suponer algo más del 40 % de las emisiones totales producidas en un edificio a lo largo de su vida útil.

Obtención del valor de referencia para construir la Escala:

El uso de materiales de bajo coste energético no está regulado en la normativa actual, por tanto no hay ningún valor de referencia establecido. Para determinar un valor referencia a partir del cual construir la escala se ha realizado el cálculo de las emisiones asociadas a los materiales de varios edificios de viviendas reales, ubicados en Zaragoza. A continuación se muestra uno de los casos realizados: Para el diseño de los cerramientos de este edificio se han empleado materiales usados actualmente y configuraciones de cerramiento que cumplen el CTE en cuanto a niveles de aislamiento. A continuación se muestran la composición y espesores de los distintos cerramientos usados para hacer el cálculo del valor de referencia de la escala:



El edificio evaluado para el cálculo del valor de referencia en cuanto a emisiones de materiales ha sido el siguiente:



Para hacer el cálculo de las emisiones asociadas a los materiales constructivos en función de las capas de los distintos cerramientos del edificio, se ha creado una hoja de cálculo empleando valores de la base de datos de ECOINVENT [34] que da valores de emisiones generadas por cada kg de material fabricado en unidades de kg CO₂/kg material. Aplicando estos datos al edificio tipo, de composición y dimensiones conocidas, (empleando la hoja de cálculo mencionada) se ha calculado las emisiones asociadas a todos los cerramientos por separado en función de sus capas. También se han calculado las emisiones asociadas a ventanas y marcos de ventanas.

En la Figura siguiente se muestra una captura de la hoja de cálculo empleada para el cálculo de los kg CO₂ totales asociados al edificio completo:

		EXTERIOR → INTERIOR					m ² del cerramiento	kg CO ₂ totales del cerramiento
Tipo de cerramiento		capa1	capa2	capa3	capa4	capa5		
Fachada exterior	Material:	pintura acrílica	ladrillo 1/2 catalán	XPS	bloque de hormigón	mortero de cemento	3972,0	514642,1
	espesor (m)	0,005	0,100	0,080	0,100	0,013		
	densidad p (kg/m ³)	50	2000	30	2100	1100		
	(kg CO ₂ /kg material)	3,570	0,190	17,280	0,220	0,210		
Tabique interior	Material:	cartón yeso	ladrillo 1/2 catalán	cartón yeso	-	-	6400,0	530688,0
	espesor (m)	0,040	0,150	0,040	-	-		
	densidad p (kg/m ³)	900	2000	900	-	-		
	(kg CO ₂ /kg material)	0,360	0,190	0,360	-	-		
Forjado	Material:	cartón yeso	XPS	losa alveolar Farlap	mortero de agarre	suelo multicapa madera resinas tipo pergo	7300,0	735796,2
	espesor (m)	0,013	0,030	0,350	0,040	0,010		
	densidad p (kg/m ³)	900	30	670	1100	400		
	(kg CO ₂ /kg material)	0,360	17,280	0,300	0,210	0,360		
Cubierta	Material:	mortero de cemento	XPS	teja asfáltica	mortero de cemento	bloque de cemento	1200,0	163843,2
	espesor (m)	0,010	0,040	0,005	0,040	0,300		
	densidad p (kg/m ³)	1100	30	1100	1100	700		
	(kg CO ₂ /kg material)	0,210	17,280	7,500	0,210	0,300		
Suelo en contacto exterior	Material:	cartón yeso	espuma poliuretano	losa Farlap	suelo multicapa madera resinas tipo pergo	-	1500,0	286146,8
	espesor (m)	0,013	0,070	0,750	0,020	-		
	densidad p (kg/m ³)	900	45	670	400	-		
	(kg CO ₂ /kg material)	0,360	10,350	0,300	0,400	-		

			m ² del material	kg CO ₂ totales
Ventanas	tipo de vidrio	vidrio doble 5-10-6 Climallit	222,3	162028,8
	(kg/m ²)	27,5		
	(kg CO ₂ /kg material)	26,5	515,8	75752,9
	tipo de vidrio	vidrio simple 5mm		
Marcos de ventana	(kg/m ²)	12,5	201,9	7665475,7
	(kg CO ₂ /kg material)	11,75		
	tipo de marco	Marcos de aluminio	201,9	7665475,7
	(kg/m ²)	50,7		
	(kg CO ₂ /kg material)	748,85		

Hoja de cálculo que permite obtener las emisiones asociadas a la envolvente constructiva del edificio

Al dividir los kg CO₂ totales entre los m² de suelo útil del edificio se obtuvo un valor de 1.388,3 kg CO₂/m² de vivienda. Este valor es el que se ha tomado como referencia para construir la escala, y se le ha asignado una calificación E (ya que se ha obtenido a partir de un edificio estándar que cumple los valores límite del CTE).

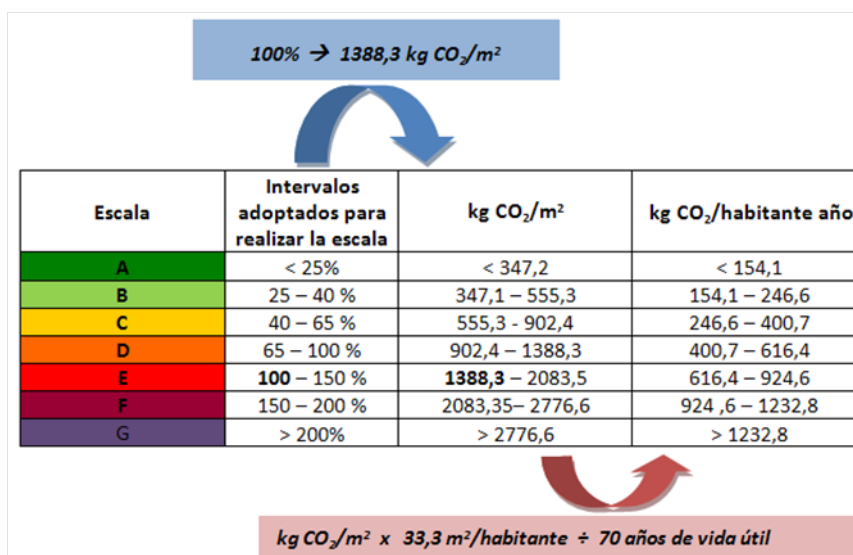
Valor deseable:

<347,2 kg CO₂/m²

Este valor de emisiones corresponde a edificios con materiales de bajo coste energético y con bajas emisiones asociadas.

Obtención de la Escala de Calificación del indicador en (kg CO₂/habitante año):

Para realizar la escala de este indicador, se ha partido del valor de referencia de 1.388,3 kg CO₂/m² que se acaba de calcular, y a este valor se le ha asignado el 100 % y la calificación E y a partir de ahí se ha realizado el resto de la escala por relación lineal, como se muestra a continuación:



Escala	Intervalos adoptados para realizar la escala	kg CO ₂ /m ²	kg CO ₂ /habitante año
A	< 25%	< 347,2	< 154,1
B	25 – 40 %	347,1 – 555,3	154,1 – 246,6
C	40 – 65 %	555,3 – 902,4	246,6 – 400,7
D	65 – 100 %	902,4 – 1388,3	400,7 – 616,4
E	100 – 150 %	1388,3 – 2083,5	616,4 – 924,6
F	150 – 200 %	2083,35 – 2776,6	924,6 – 1232,8
G	> 200%	> 2776,6	> 1232,8

$\text{kg CO}_2/\text{m}^2 \times 33,3 \text{ m}^2/\text{habitante} \div 70 \text{ años de vida útil}$

Una vez obtenida la escala de la A-G en unidades de kg CO₂/m² la obtención de la escala en datos de kg CO₂/habitante año se realiza considerando la superficie habitable del edificio, una ocupación de 1 habitante por cada 33,3 m² de vivienda (INE (1991-2000)) y una vida útil del edificio de 70 años.

6 CONSUMO DE AGUA POTABLE EN VIVIENDA**Significado del indicador:**

Este indicador expresa la cantidad de agua potable consumida por el conjunto de edificios de la zona urbana analizada.

Unidades de medida:

Litros/habitante día

Utilidad:

Se evalúa el grado de aprovechamiento y ahorro de agua en vivienda, compara el valor de la urbanización evaluada con el valor de demanda habitual para esa zona climática, y en función de la diferencia le otorga una calificación según una escala.

Obtención del valor de referencia para construir la Escala:

La demanda de agua potable en vivienda no está regulada en la normativa actual (CTE), por tanto no hay ningún valor de referencia establecido, y se ha tenido que acudir a valores recomendados por Organismos Internacionales. Según la OMS, la cantidad de agua adecuada para consumo en la vivienda (beber, cocinar, higiene personal y limpieza del hogar) está entre 50 y de 100 litros/habitante. Se ha decidido tomar el valor de 100 como valor de referencia del cual partir, y a continuación se ha estimado el consumo energético asociado a la gestión por cada m³ de agua potable (potabilización, distribución, transporte de residuales y depuración en EDAR, como se muestra a continuación:

	kWh/litro
Potabilización de agua de río	1,1
Distribución (impulsiones/bombeo)	0,8
Transporte de aguas residuales	1,3
Depuración convencional en EDAR	1,8
Total=	5 kWh/m ³

Consumos de energía y emisiones asociadas a la gestión integral del agua. Fuente: Ente Público del agua (Región de Murcia)

Según este dato, el valor de referencia para consumo de agua (100 litros/habitante día) se corresponde con un consumo energético de 146 kWh/habitante año. Este valor es el que se ha tomado como referencia para construir la escala, y se le ha asignado una calificación E.

Valor deseable:

<25 litros/habitante día

Este valor de consumo de agua potable corresponde a un edificio con sistemas de ahorro de agua, y usos con distinción de calidades (aprovechamiento de pluviales y grises para usos que no son de boca: wc, lavadora, lavaplatos, limpieza de casa, y uso de potable exclusivamente para beber, cocinar, lavabo y ducha).

Obtención de la Escala de Calificación en unidades de (kg CO₂/habitante año):

Para realizar la escala se ha partido del valor de referencia de 100 litros/habitante día correspondiente a un consumo de 182,5 kWh/habitante año. A este valor se le ha asignado el 100 % y la calificación E, y a partir de ahí se ha realizado el resto de la escala como se muestra a continuación:

$$\text{Litros/habitante día} \times 365 \text{ días/año} \div 1000 \text{ litros/m}^3 \times 5 \text{ kWh/m}^3$$

Escala	Intervalos adoptados para realizar la escala	litros/habitante día	kWh/habitante año	kg CO ₂ /habitante año
A	< 25%	< 25	< 45,6	< 14,6
B	25 – 40 %	25 - 40	45,6 - 73	14,6 – 23,4
C	40 – 65 %	40 - 65	73 – 118,6	23,4 - 38
D	65 – 100 %	65 - 100	118,6 – 182,5	38 – 58,4
E	100 – 150 %	100 - 150	182,5 - 273,8	58,4 - 87,6
F	150 – 200 %	150 - 200	273,8 - 365	87,6 – 116,8
G	> 200%	> 200	> 365	> 116,8

$$\text{kWh/habitante año} \times 0,32 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$$

Una vez obtenida la escala de la A-G en unidades de kWh/habitante año la obtención de la escala en datos de emisiones de CO₂ se realiza mediante factores de conversión:

0,32 kg CO₂/kWh eléctrico. Fuente: Observatorio de la Electricidad WWF (2008)

7 DISTRIBUCIÓN DEL ESPACIO VIARIO PARA MOVILIDAD**Significado del indicador:**

Este indicador evalúa los % de superficie del viario destinados a los diferentes modos de transporte:

% del espacio destinado a peatones

% del espacio destinado a bicicletas

% del viario destinado a transporte público

% del viario destinado a vehículo privado

y estima una cantidad de emisiones asociadas a esa distribución del espacio viario suponiendo un comportamiento ideal por parte de los usuarios. (Las distribuciones con mayor dotación de espacios peatonales, carriles bici y transporte público que de espacios para el vehículo privado tendrán menores emisiones de CO₂ asociadas a movilidad.)

Unidades de medida:

% de superficie asignada a cada forma de movilidad (m² destinados a cada medio de transporte / m² totales del espacio viario)

Utilidad:

Este indicador evalúa si la distribución del viario da prioridad a los desplazamientos a pie, bicicleta o transporte público, frente al vehículo privado, y por tanto contribuye a reducir las emisiones de CO₂ esperables por movilidad

Obtención de los valores de referencia para construir la Escala:

Para relacionar datos de distribución del espacio viario (%) con datos de emisiones en (kg CO₂/habitante año), se ha generado una hoja de cálculo. Ésta permite estimar el uso, suponiendo condiciones ideales, de cada modo de transporte en función del % de espacio viario destinada para cada uno y de la distancia a recorrer (km), según esto se obtiene la cantidad de emisiones asociadas a cada distribución concreta del viario público. A continuación se muestra la estimación de emisiones para un ejemplo de distribución del espacio viario. *Ejemplo:*

Distribución del espacio viario:

70 % peatón


5 % bici

15 % T público

10 % coche

Datos de entrada

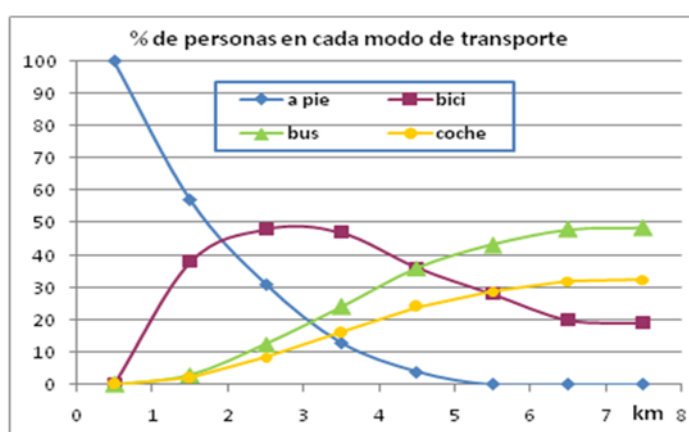
Asignación de usos



	% Personas en cada medio de transporte			
Distancia del trayecto (km)	a pie	bici	bus	coche
0,5	100	0	0	0
1,5	57	38	3	2
2,5	31	48	12,6	8,4
3,5	13	47	24	16
4,5	4	36	36	24
5,5	0	28	43,2	28,8
6,5	0	20	48	32
>7,5	0	19	48,6	32,4

Se debe señalar que la asignación del % de personas que idealmente usarán cada modo de transporte según la distancia a recorrer se ha realizado de acuerdo a lo que se considera razonable para cada modo de transporte en función de las distancias y tiempos empleados para ello (según la Figura 2.6 mostrada en el Capítulo 2 de la memoria), sin pretender realizar un estudio de hábitos de uso real esperable por parte de la población, ese estudio se ha dejado para más adelante.

Esta tabla se interpreta de la siguiente forma, por ejemplo, para los desplazamientos diarios a una distancia de 1,5 km el 57 % de los habitantes irán a pie, el 38 % irá en bici el 3 % en bus y el 2 % en coche. Así, la representación gráfica obtenida de los datos de la tabla de distribuciones es la siguiente:



Una vez obtenidos los repartos modales “idealizados” de la población, se pasa a aplicar factores de conversión para obtener los datos de emisiones asociadas a los desplazamientos diarios:

Los factores de conversión empleados han sido los siguientes (Fuente: IDAE)

	Litros/ km	kg CO ₂ /km	Ocupación media	kg CO ₂ /km persona
Coche (gasolina)	0,08	0,178	1,5 personas/coche	0,107
Bus (diesel)	0,4	0,162	30 personas/bus	0,027
A pie y bici	-	0	-	0



Cálculo de
Emisiones asociadas

Distancia de los trayectos diarios (km/día)	% Personas en cada medio de transporte				kg CO ₂ /persona día	
	a pie	bici	bus	coche	emisiones bus	emisiones coche
0,5	100	0	0	0	0	0
1,5	57	38	3	2	0,001	0,003
2,5	31	48	12,6	8,4	0,008	0,022
3,5	13	47	24	16	0,022	0,060
4,5	4	36	36	24	0,043	0,115
5,5	0	28	43,2	28,8	0,063	0,169
6,5	0	20	48	32	0,083	0,222
>7,5	0	19	48,6	32,4	0,097	0,259
total emisiones					417 kg CO₂/habitante año	

Dato de salida

El resultado de emisiones mostrado en la tabla anterior en amarillo, se ha calculado aplicando la fórmula siguiente a los datos de distribución considerados:

$$\% \text{ de personas} \times \text{kg CO}_2/\text{km persona} \times \text{Distancia recorrida (km/día)} = \text{kg CO}_2/\text{persona día}$$

Se explica con un ejemplo:

Para el caso de las emisiones asociadas a desplazamientos hasta 1,5 km:

Peatones: 57 % \times 0 kg CO₂/km persona \times 1,5 km/día = 0 kg CO₂/persona día

Bicicletas: 38 % \times 0 kg CO₂/km persona \times 1,5 km/día = 0 kg CO₂/persona día

Autobuses: 3 % \times 0,027 kg CO₂/ km persona \times 1,5 km/día = 0,001kg CO₂/persona día

Coches: 2 % \times 0,107 kg CO₂/km persona \times 1,5 km/día = 0,003 kg CO₂/persona día

Esto que se ha mostrado como ejemplo se ha realizado también para varios escenarios con el fin de ver la influencia que tiene, en condiciones ideales, el reparto del viario en el uso de cada modo de transporte por parte de los usuarios. Los escenarios o supuestos analizados han sido los siguientes:

Supuesto 1: Distribución del viario 50 % peatón, 0 % bici, 50 % (bus+coche)

Supuesto 2: Distribución del viario 70 % peatón, 5 % bici, 25 % (bus+coche)

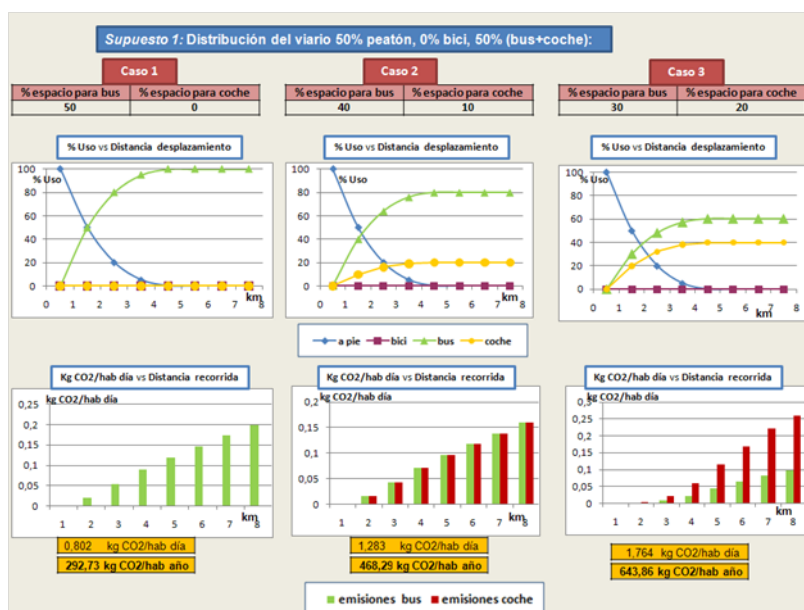
Supuesto 3: Distribución del viario 75 % peatón, 0 % bici, 25 % (bus+coche)

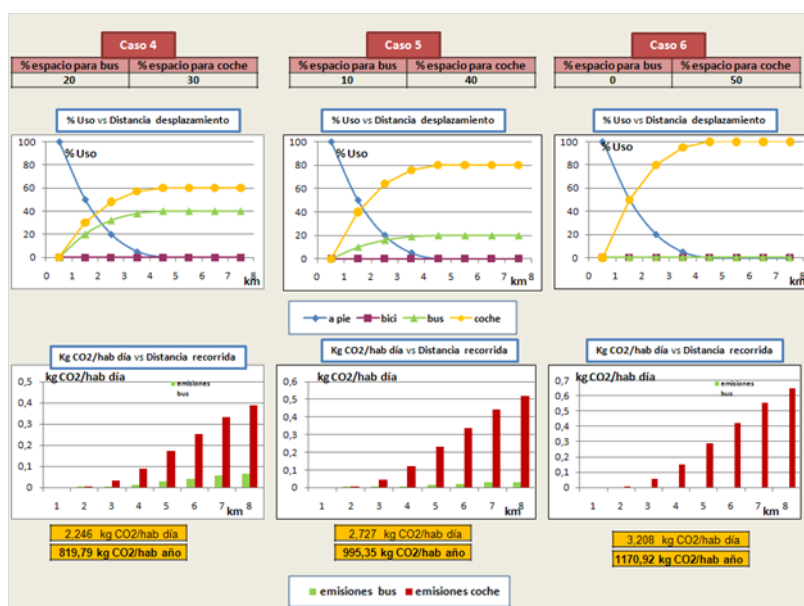
En total se han evaluado 18 casos, ya que de cada supuesto salen 6 combinaciones como se puede ver en la tabla siguiente:

Distribución	% peatón	% bici	% bus	% coche
Supuesto 1:	50	0	50	0
			40	10
			30	20
			20	30
			10	40
			0	50
Supuesto 2:	70	5	25	0
			20	5
			15	10
			10	15
			5	20
			0	25
Supuesto 3:	75	0	25	0
			20	5
			15	10
			10	15
			5	20
			0	25

Con estas 18 distribuciones, procediendo de igual forma que se ha indicado en el Ejemplo anterior, se ha estimado las emisiones asociadas a los modos de desplazamientos esperables por parte de los habitantes en función del reparto viario asignado para autobús y coche (ya que ni peatones ni bicicletas generan emisiones).

En las siguientes imágenes, a modo de muestra del trabajo realizado, se presentan los gráficos obtenidos con la hoja de cálculo para los repartos de uso ideales para las 6 combinaciones del supuesto 1). También se muestran los resultados de las emisiones generadas en cada caso debidas al % de uso de los medios de transporte motorizados: Se observa que cuanto mayor es el espacio destinado al vehículo privado mayor es su % de uso y por tanto las emisiones asociadas a movilidad.



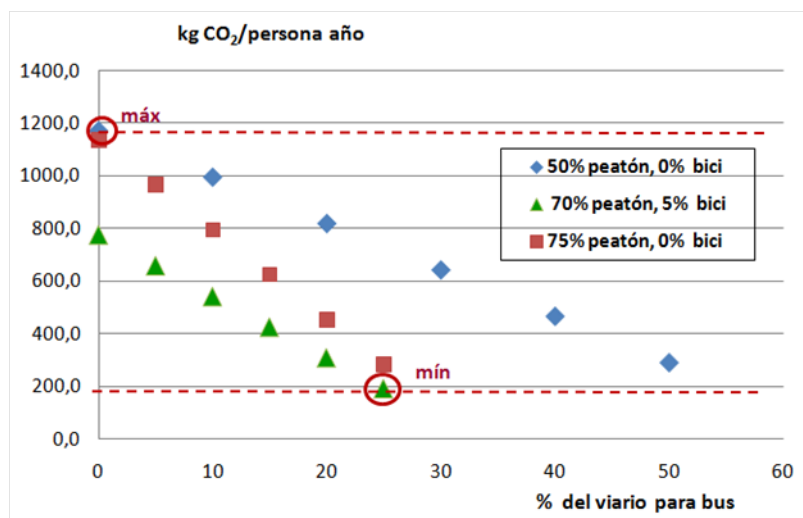


En el caso de este indicador la obtención del dato de salida en unidades de kg CO₂/habitante año se hace a partir de la propia hoja de cálculo creada, que permitirá estudiar el caso concreto de la urbanización y dará como resultado directamente el valor de emisiones asociadas.

En el siguiente cuadro se muestra los resultados obtenidos para las 18 configuraciones estudiadas y a continuación su representación gráfica:

Cuadro resumen de los valores de emisiones asociadas a las 12 distribuciones del viario evaluadas en la hoja de cálculo

Distribución	% peatón	% bici	% bus	% coche	Kg CO ₂ /habitante año
Supuesto 1:	50	0	50	0	292,7
			40	10	468,4
			30	20	644
			20	30	819,6
			10	40	994,3
			0	50	1170,9 → máx
Supuesto 2:	70	5	25	0	194 → mín
			20	5	310
			15	10	426
			10	15	543,3
			5	20	659,7
			0	25	776,1
Supuesto 3:	75	0	25	0	284,4
			20	5	455,0
			15	10	625,6
			10	15	796,2
			5	20	966,9
			0	25	1137,5



Esta gráfica muestra las emisiones máxima y mínima asociadas a la peor y mejor distribución respectivamente:

Máximo de emisiones (peor distribución): 50 %peatón ,50 % coche, 0 % bici, 0 % Tpúblico

Mínimo de emisiones (mejor distribución): 75 % peatón, 5 %bici, 25 % Tpúblico, 0 % coche

kg CO ₂ /habitante año	
Máximo	Mínimo
1170,9	194,0

Cualquier configuración que se evalúe tendrá unas emisiones asociadas que estarán dentro de ese rango.

Valor deseable:

70 % Peatón, 5 % bici, 20 % transporte público (configuración con las menores emisiones asociadas)

Obtención de la Escala de Calificación en unidades de (kg CO₂/habitante año):

En este caso no se tiene ningún valor límite normativo del que partir para al reparto del espacio viario. Así que la escala de calificación se ha realizado entre el valor mínimo y valor máximo obtenidos para la distribución óptima y más desfavorable respectivamente obtenidos con la hoja de cálculo. Esto se muestra a continuación:

CALIFICACIÓN URBANIZACIÓN	kg CO ₂ /habitante año
A	< 868,3
B	868,3 – 1482,2
C	1482,2 – 2381,5
D	2381,5 – 3594,4
E	3594,4 – 5232,5
F	5232,5 – 6933,9
G	> 6933,9

Según esta escala, si se aplica a las 18 combinaciones de distribución viaria evaluada anteriormente, las calificaciones correspondientes a cada una se reflejan en el siguiente cuadro:

Calificación de las distintas configuraciones estudiadas en función de la escala creada

Distribución	% peatón	% bici	% bus	% coche	Kg CO ₂ /habitante año	Calificación
Supuesto 1:	50	0	50	0	292,7	B
			40	10	468,4	C
			30	20	644	D
			20	30	819,6	F
			10	40	994,3	F
			0	50	1170,9 → máx	G
Supuesto 2:	70	5	25	0	194 → mín	A
			20	5	310	B
			15	10	426	C
			10	15	543,3	D
			5	20	659,7	E
			0	25	776,1	E
Supuesto 3:	75	0	25	0	284,4	C
			20	5	455,0	C
			15	10	625,6	E
			10	15	796,2	E
			5	20	966,9	F
			0	25	1137,5	G

8 CONSUMO POR ALUMBRADO PÚBLICO

Significado del indicador:

Este indicador expresa la cantidad de energía consumida debido a la iluminación del viario público

Unidades de medida:

kWh/habitante año

Utilidad:

Se evalúa el grado de eficiencia del sistema de iluminación presente en el viario de la urbanización. Se comparando el valor del caso evaluado con el valor de consumo exigido por normativa, y en función de la diferencia se le otorga una calificación según una escala.

Obtención del valor de referencia para construir la Escala:

El Plan de Acción 2008-2012, planteado por el Ministerio de Industria a través del IDAE, para mejorar la eficiencia energética de los sistemas de alumbrado público establece el objetivo de que para 2012 el consumo pase a ser de 75 kWh/ habitante año. Este valor es el que se ha tomado como referencia para construir la escala, y se le ha asignado una calificación E.

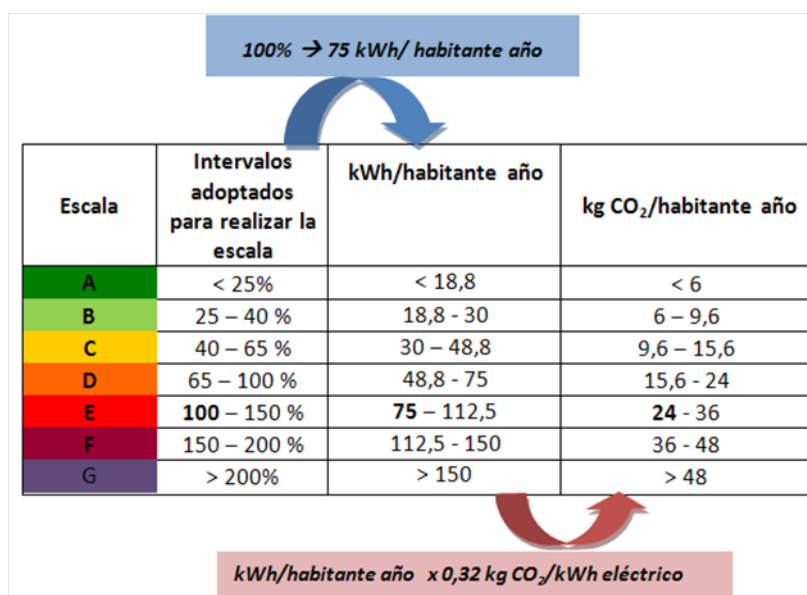
Valor deseable:

<18,8 kWh/habitante año

Este valor de consumo corresponde a urbanizaciones con sistemas de alumbrado público altamente eficientes, como uso de farolas solares (luminarias tipo LED, abastecidas parcialmente con paneles fotovoltaicos)

Obtención de la Escala de Calificación en unidades de (kg CO₂/habitante año):

Para realizar la escala de este indicador, se ha partido del valor de referencia cogido del Plan de Acción Nacional (75 kWh/ habitante año) y a este valor se le ha asignado el 100 % y la calificación E. A partir de ahí se ha realizado el resto de la escala como se muestra a continuación:



Una vez obtenida la escala de la A-G en unidades de kWh/habitante año, la obtención de la escala en datos de emisiones de CO₂ se realiza mediante factores de conversión:

0,32 kg CO₂/kWh eléctrico. Fuente: Observatorio de la Electricidad WWF (2008)

9 DOTACIÓN DE COBERTURA VEGETAL PER CÁPITA**Significado del indicador:**

Este indicador expresa la superficie de zonas verdes por habitante en la zona urbana analizada.

Unidades de medida:

m² de zonas verdes/habitante

Utilidad:

Se evalúa la cantidad de CO₂ absorbido por las superficies verdes al año.

Obtención del valor de referencia para construir la Escala:

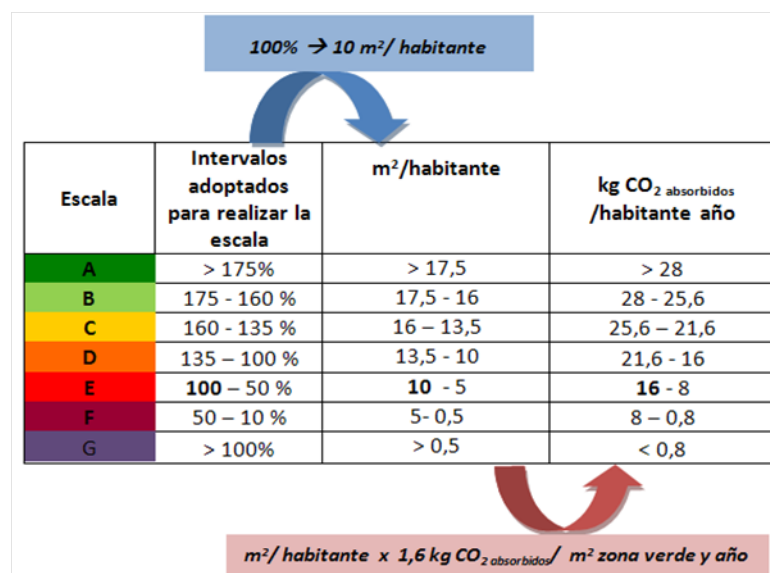
La normativa actual no contempla la dotación de zonas verdes bajo criterios de sostenibilidad ambiental, por lo que como valor de referencia se han empleado los valores recomendado por la OMS para conseguir una calidad ambiental en las ciudades. El rango que establece es de 10-15 m²/ habitante, por lo que se ha tomado 10 m² como valor de partida para construir la escala, asignando a ese valor una calificación E.

Valor deseable:

>17,5 m²/habitante Este valor de cobertura vegetal proporciona a la ciudad muy buena calidad de aire y reducción de la isla de calor

Obtención de la Escala de Calificación del indicador en unidades de (kg CO₂/habitante año):

Para realizar la escala de este indicador, se ha utilizado el valor de referencia de 10 m²/habitante recomendado por la OMS. A este valor se le ha asignado el 100 % y la calificación E, y a partir de ahí se ha realizado el resto de la escala como se muestra a continuación:



Escala	Intervalos adoptados para realizar la escala	m ² /habitante	kg CO ₂ absorbidos /habitante año
A	> 175%	> 17,5	> 28
B	175 - 160 %	17,5 - 16	28 - 25,6
C	160 - 135 %	16 - 13,5	25,6 - 21,6
D	135 - 100 %	13,5 - 10	21,6 - 16
E	100 - 50 %	10 - 5	16 - 8
F	50 - 10 %	5 - 0,5	8 - 0,8
G	> 100%	> 0,5	< 0,8

El factor de conversión de valores de superficie de zonas verdes por habitante a datos de kg CO₂ absorbidos por las zonas verdes por habitante y año, se ha obtenido a partir de los siguientes datos:

Absorción de CO₂ por césped común = 0,375 kg CO₂/m² y año

Absorción de CO₂ por árbol adulto medio = 6 kg CO₂/árbol y año

Fuente: "Los Sumideros Naturales de CO₂". M. Enrique Figueroa Clemente.

Para obtener el valor de absorción media de los espacios verdes, se ha considerado 1 árbol por cada 5 m² de césped, dando un valor de 1,6 kg CO₂ absorbidos/ m² zona verde y año.

10 CONSUMO DE AGUA POTABLE PARA VIARIO PÚBLICO**Significado del indicador:**

Este indicador expresa la cantidad de agua potable consumida para usos del viario público (riego de zonas verdes, fuentes ornamentales, limpieza viaria, etc.)

Unidades de medida:

Litros /habitante día

Utilidad:

Se evalúa el aprovechamiento y ahorro de agua potable en el viario público para el área urbana evaluada.

Obtención del valor de referencia para construir la Escala:

A pesar de las iniciativas de ahorro de agua promovidas y de la aprobación del Real Decreto el 1620/2007 (que establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas para usos urbanos, agrícolas, industriales, recreativos y ambientales, todavía hay muchas ciudades que siguen empleando agua potable para usos viarios en las que no se requieren aguas de ese nivel de calidad, en vez de emplear aguas pluviales o grises.

Como valor de referencia a partir del cual construir la escala se ha tomado el consumo de agua medio para uso viario en las ciudades españolas, obtenido de la siguiente forma:

Según la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS) el consumo de agua para usos viarios supone el 10-15 % del consumo total de una ciudad y el agua para vivienda representa entre 65-70 % del total. Luego teniendo esto en cuenta, si para el indicador de consumo en vivienda se ha tomado un valor de referencia de 100 litros/habitante día, para el caso de viario le corresponde un valor de 15 litros/habitante día.

Se ha tomado entonces este valor como referencia para hacer la escala y se le ha asignado una calificación E.

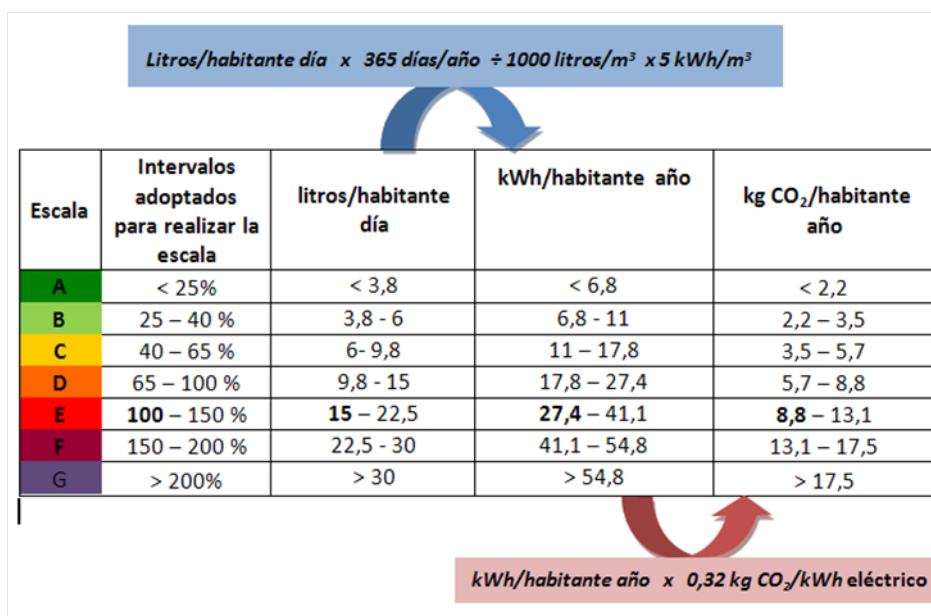
Valor deseable:

<3,8 litros/habitante día

Este valor de consumo de agua potable corresponde a una situación en la que prácticamente la totalidad del uso de agua para viario público procede de pluviales o de aguas grises

Obtención de la Escala de Calificación en unidades de (kg CO₂/habitante año):

Para realizar la escala se ha partido del valor de referencia de 15 litros/habitante año, antes calculado, y a este valor se le ha asignado el 100 % y la calificación E. a partir de ahí se ha realizado el resto de la escala como se muestra a continuación:



Una vez obtenida la escala de la A-G en unidades de kWh/habitante año la obtención de la escala en datos de emisiones de CO₂ se realiza mediante el siguiente factor de conversión:

0,32 kg CO₂/kWh eléctrico. Fuente: Observatorio de la Electricidad WWF (2008)

11 DISTANCIA MEDIA A PUNTOS DE RECICLAJE**Significado del indicador:**

Este indicador expresa la distancia media de los habitantes al punto de depósito para reciclaje más próximo.

Unidades de medida:

Metros (m)

Utilidad:

Este indicador evalúa la accesibilidad de los habitantes a los puntos de separación selectiva de residuos reciclables, es decir la facilidad para el reciclaje proporcionada por la urbanización analizada.

Valor de referencia para construir la Escala:

Según el Plan Nacional de Residuos Urbanos (PNRU) 2007-2015, la composición media (en % en peso) de los residuos urbanos es la siguiente:

Composición media de los residuos urbanos.

Componente	Composición media (%)
Materia orgánica	44
Papel-cartón	21
Plástico	10,6
Vidrio	7
Metales férricos	3,4
Metales no férricos	0,7
Maderas	1
Otros	12,3
TOTAL	100

Según datos del OSE (2009) la generación media española de residuos es de 1,47 kg/habitante día (536,55 kg/habitante año), luego para esa cantidad de residuos totales, si se aplican los % recogidos en el PNRU, las cantidades de vidrio, papel-cartón y envases son los siguientes:

kg/habitante año	
Vidrio	37,6
Papel-Cartón	112,7
Envases	66,0

En la tabla siguiente se muestran los costes energéticos generados al producir 1kg de material nuevo y 1kg de material reciclado. La diferencia entre ambos valores es la energía consumida innecesariamente cuando el material no se recicla:

kWh/kg de material			
Material	Nuevo	Reciclado	Consumo de energía extra por no reciclar
Papel-Cartón	4,70	2,70	2
Vidrio	34	18	16
Envases	12	2	10

En la siguiente tabla, se aplica este sobreconsumo a las cantidades de residuos generadas de media en España, para obtener el consumo energético en el supuesto de que no se reciclase ninguno de estos residuos:

kg/habitante año		Consumo extra por no reciclar (kWh/habitante año)
Vidrio	37,6	600,9
Papel-Cartón	112,7	225,4
Envases	66,0	660
Total	215,6	1486,2

El plan Nacional de Residuos Urbanos (2007-2015) establece que la dotación mínima de contenedores de papel-cartón y vidrio debe ser de 1 contenedor por cada 500 habitantes, y para el caso de envases que sea de 1 contenedor por cada 300 habitantes. Estas dotaciones suponen para una ciudad con la densidad de habitantes similar a Zaragoza, distancias medias hasta los puntos de recogida de entre 250 y 300 m. Por ello se ha tomado 250 m como valor de referencia de distancia media a contenedores, y a esta distancia se le asigna una tasa esperable de 20 % de separación de materiales reciclables. Es decir, se parte de la suposición de que a esta distancia se van a depositar en los contenedores de reciclaje 20 de cada 100 residuos reciclables generados por habitante y año. Esta suposición se ha hecho tomando como base la Figura 2.14 del Capítulo 2 de la memoria sacada del estudio [33].

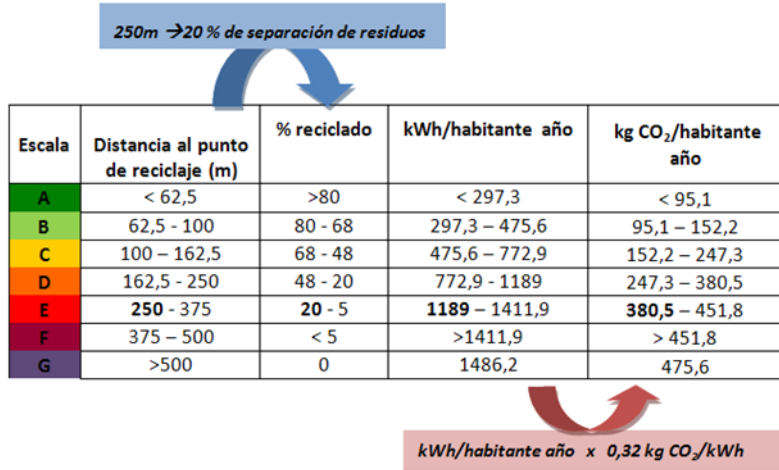
Con esta suposición, el consumo extra asociado a los materiales no reciclados que deberán ser remplazados por nuevos es de 1189 kWh/habitante año. (Este es el valor de emisiones que se toma de referencia para hacer la escala).

Valor deseable:

<62,5 m (recogida en el propio edificio) Este valor de distancia tiene asociado un consumo <297,2 kWh/habitante año, lo cual se corresponde con tasas de reciclaje de >80 % (Figura 2.14).

Obtención de la Escala de Calificación en unidades de (kg CO₂/habitante año)

Para realizar la escala de este indicador, se ha partido del valor de referencia considerado de 250 m, con un consumo energético asociado de 1189 kWh/habitante año. A este valor se le ha dado el 100 % de las emisiones y la calificación E, y a partir de ahí se ha realizado el resto de la escala por reglas de tres como se muestra a continuación:



Escala	Distancia al punto de reciclaje (m)	% reciclado	kWh/habitante año	kg CO ₂ /habitante año
A	< 62,5	>80	< 297,3	< 95,1
B	62,5 - 100	80 - 68	297,3 - 475,6	95,1 - 152,2
C	100 - 162,5	68 - 48	475,6 - 772,9	152,2 - 247,3
D	162,5 - 250	48 - 20	772,9 - 1189	247,3 - 380,5
E	250 - 375	20 - 5	1189 - 1411,9	380,5 - 451,8
F	375 - 500	< 5	>1411,9	> 451,8
G	>500	0	1486,2	475,6

$\text{kWh/habitante año} \times 0,32 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$

Una vez obtenida la escala de la A-G en unidades de kWh/habitante año la obtención de la escala en datos de emisiones de CO₂ se ha realizado mediante el siguiente factor de conversión: *0,32 kg CO₂/kWh eléctrico*. Fuente: Observatorio de la Electricidad WWF (2008)

Bibliografía

- [1] Grupo de Energía y Edificación.
Universidad de Zaragoza <http://gee.unizar.es/>
- [2] IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático)
Cambio climático (2007), "Informe de síntesis. Cuarto Informe de evaluación", Ginebra, Suiza .
- [3] UN-HABITAT (2008-09). "Informe del estado de las ciudades del mundo"

<http://www.unhabitat.org/>
- [4] CIRCE (Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos). Universidad de Zaragoza

http://concertoplus.eu/cms/index.php?option=com_content&view=frontpage
- [5] Iniciativa CONCERTO

http://concertoplus.eu/cms/index.php?option=com_content&view=frontpage
- [6] Proyecto RENAISSANCE

<http://renaissance.unizar.es/index.php/sobre-renaissance>
- [7] Ecociudad Valdespartera

<http://www.valdespartera.es/>
- [8] URSOS (URbanismo SOStenible)

<http://ursos.unizar.es/>
- [9] BREEAM

<http://www.breeam.org/page.jsp?id=219>
- [10] CALENER/LIDER

[http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/
CertificacionEnergetica/ProgramaCalener/Paginas/
DocumentosReconocidos.aspx](http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/ProgramaCalener/Paginas/DocumentosReconocidos.aspx)

[11] LEED

<http://www.spaingbc.org/leed/leed.html>

[12] GBCE-VERDE

<http://www.gbce.es/herramientas/informacion-general>

[13] Ecourbano. "Conocimiento para ciudades más sostenibles"

<http://www.ecourbano.es/iniciativas.asp>

[14] HABITAT. "Ciudades para un Futuro más Sostenible"

<http://habitat.aq.upm.es>

[15] Rueda, Salvador. (2002). "Barcelona, ciudad mediterránea, compacta y compleja: una visión de futuro más sostenible".

[16] Rueda, Salvador. (2009) "Estrategia del Medio Ambiente Urbano"

[17] Rueda, Salvador. "Libro Verde del Medio Ambiente Urbano"

[18] Agencia de Ecología Urbana de Barcelona. "Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla"

http://www.bcnecologia.net/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1&lang=SP

[19] Proyecto Ecocity cofinanciado por la Comisión Europea (programa CONCERTO)

<http://www.ecocity-project.eu/>

[20] Proyecto Seattle Sostenible

<http://www.sustan>

[21] IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía). "Guía del planeamiento urbanístico energéticamente eficiente"

[22] Agenda 21 Zaragoza. Indicadores locales de desarrollo sostenible.

<http://www.zaragoza.es/ciudad/medioambiente/agenda21/observatorio/indicadoreslocales.htm>

[23] Comisión europea. Indicadores comunes para el medioambiente urbano.

http://ec.europa.eu/environment/urban/common_indicators.htm

[24] Código Técnico de la Edificación (CTE)

- <http://www.codigotecnico.org/web/>
- [25] Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE)
- <http://www.sostenibilidad-es.org/es/indicadores>
- [26] Observatorio de la Movilidad Metropolitana (OMM)
- <http://www.observatoriomovilidad.es/>
- [27] M.Santamouris, D.N.Assimekopoulos (2001). "Energy and Climate in urban built environment".
- [28] Proyecto ENSLIC (Energy Saving through Promotion of Life Cycle Assessment in Buildings)
- <http://circe.cps.unizar.es/enslic/index.htm>
- [29] <http://www.iagua.es>
- [30] Ayuntamiento de Zaragoza
- http://www.zaragoza.es/ciudad/noticias/detalleM_Noticia?id=101691
- [31] Estudio ASEGGA: "Los españoles y la movilidad en las grandes ciudades"
- http://www.aegaz.org/noticias.php?pageNum_Recordset1=4&totalRows_Recordset1=13
- [32] Ciclo del agua 2M8 Área de medio Ambiente de UGT de Aragón. Proyecto de mejora para un uso sostenible y racional de los Recursos Hídricos. "La Gestión y la Eficiencia del Ciclo Integral del Agua en la ciudad de Zaragoza".
- [33] Antonio Gallardo Izquierdo, (2009). "Estudio de los modelos de recogida selectiva de residuos urbanos implantados en ciudades españolas. Análisis de su eficiencia".
- [34] Ecoinvent
- <http://www.ecoinvent.org/home/>
- [35] 4º Informe anual realizado por el GEE dentro del proyecto Renaissance accesible en
- <http://renaissance.unizar.es/index.php/materiales/75-informes-anuales-renaissance>